

Jarmo Mäki-Jaakkola

Turvapainotuksen painoprosessin mittamuutokset

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Mediatekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

30.4.2014

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jarmo Mäki-Jaakkola Turvapainotuotteen painoprosessin mittamuutokset 36 sivua + 4 liitettä 30.4.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Graafinen tekniikka
Ohjaajat	Projektipäällikkö Tapio Salokanto Lehtori Merja Nieppola
<p>Insinööriyössä tutkittiin ja mitattiin turvapainotuotteen mittamuutoksia painoprosessissa. Tutkittavat painomenetelmät olivat märkä- ja kuivaoffset sekä silkkipaino. Tavoitteena oli selvittää, minkälaisia muutoksia prosessissa tapahtuu ja kuinka hyvin niitä kompensoidaan nykyisillä menetelmillä.</p> <p>Tutkimuksessa valmistettiin testipainolevyt, joita ei kompensoitu käytössä olevilla studio-sirroilla. Näillä painolevyillä ajettiin testipainoerä, ja painettuja arkkeja verrattiin painolevyihin. Tämän lisäksi mitattiin tuotannossa olevan tuotteen painoarkkeja, joilla pyrittiin selvittämään nykyisten kompensointien tehokkuus. Tulosten mittaamisessa käytettiin Micro-Vu-tasomittalaitetta.</p> <p>Mittaustuloksista selvisi, että levynvalmistuksessa ei tapahdu juurikaan mittamuutoksia. Painettaessa märkäoffsetilla pystysuuntainen painojälki kasvoi noin 0,2 mm, ja kuivaoffsetin pystymitta kasvoi noin 0,25 % märkäoffsettiin nähden. Nämä kehämitan kasvusta aiheutuneet mittamuutokset on kompensoitu nykyisillä kompensointikertoimilla erittäin hyvin. Lisäksi havaittiin, että offsetin painojälki on vinossa arkilla ja vinouma kaartuu aina pois-päin sivustimesta. Vinouma tulisi kompensoida painokoneen säädöillä.</p> <p>Silkkipainossa painojälki kutistuu sekä pysty- että vaakatasossa. Raakelin liikkeen suuntainen kutistuma on suurempaa kuin poikittainen kutistuma. Silkkipainon painojälki siirtyy samalla alaspäin 0,2–0,4 mm arkin pystysuunnassa. Siirtymä johtuu seulan venymisestä ja siitä, ettei seula ole täysin kiinni painoalustassa. Silkkipainolla tapahtuvaa kutistumaa kompensoidaan nykyisillä studiosirroilla, mutta kompensointi ei ole riittävää. Painojäljen siirtymistä ei ole kompensoitu riittävästi.</p> <p>Insinööriyössä käsitellyt tuotteet, niiden materiaalit ja mitoitusarvot ovat salaista tietoa, ja tästä syystä insinööriyön tulokset esitetään ainoastaan mittamuutosten avulla.</p>	
Avainsanat	mittamuutokset, kohdistaminen, turvapaino

Author Title Number of Pages Date	Jarmo Mäki-Jaakkola Measure changes in the printing process of the security printing products 36 pages + 4 appendices 30 April 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Graphic Technology
Instructors	Tapio Salokanto, Project Manager Merja Nieppola, Lecturer
<p>In this thesis the changes of measure were studied and analyzed in the printing process of security printing products. Studied printing methods were wet and dry offset and screen printing. The goal was to find out what kind of changes take place during the process and how well they are compensated with existing technologies.</p> <p>Test press plates without existing studio moves were prepared. Using these plates, a test printing batch was made, and sheets compared with press plates. Additionally, sheets from production batch were measured to find out the efficiency of current compensations. Micro-Vu was used in the measuring.</p> <p>The results showed that in the preparation of the printing plate, the changes are practically insignificant. In wet offset printing process, the vertical print mark increased about 0,2 mm. The vertical size of the dry offset print mark increased about 0,25 %. These changes originated from the growth of the ring measure, and they are currently compensated well with existing compensation factors. It was also found out that the press mark of offset printing is diagonal on the sheet and always bends away from the side lay mark. The distortion should be compensated using the adjustments of the printing machine.</p> <p>In screen printing the print contracts in both vertical and horizontal directions. The contraction in the movement direction of the squeegee is larger than in the traverse direction. As a consequence, the print of the screen press shifts downwards 0,2 - 0,4 mm in the vertical direction of the sheet. The movement is caused by the stretching of the riddle and because the riddle is not completely fastened against the underlay. The contraction occurring in screen printing is compensated by studio moves but the compensation is not sufficient. The print mark displacement is not compensated enough.</p> <p>The products, materials and sizing values in this thesis are confidential information and therefore the results are given only as changes of measure.</p>	
Keywords	measure changes, alignment, security printing

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Offsetpaino	2
2.1	Märkäoffset	2
2.2	Kuivaoffset	4
2.3	Arkkioffsetkoneet	5
2.4	Arkin kulku offsetpainokoneessa	6
3	Silkkipaino	11
3.1	Silkkipainokoneet	11
3.2	Seula ja painamiseen vaikuttavat tekijät	12
3.3	Arkin kulku automaattisessa tasosylinteripainokoneessa	14
4	Painojäljen kohdistaminen	14
5	Muoville painaminen	15
6	Turvapainon muovituotteen mittamuutokset	17
6.1	Työn tavoite ja toteutus	17
6.2	Mittaus ja sen toteutus	19
6.3	Offsetpainon tulokset	20
6.4	Silkkipainon tulokset	26
6.5	Virhearviointi	28
6.6	Johtopäätökset	31
7	Yhteenveto	33
	Lähteet	35

Liitteet

Liite 1. Painojälkien suoruusmittaukset

Liite 2. Tuotantoarkkien mittaukset

Liite 3. Arkkien muutosmittaukset offsetpainoprosessissa

Liite 4. Arkkien muutosmittaukset silkkipainoprosessissa

1 Johdanto

Painomenetelmien yhteisenä tavoitteena on siirtää painatusaiheen mukainen painojälki painoelementiltä painomateriaalille mitoiltaan ja väreiltään mahdollisimman muuttumattomana. Painoprosessissa tapahtuu kuitenkin aina mittamuutoksia, kohdistusvirheitä ja värinmuutoksia, joita pyritään kompensoimaan erilaisilla matemaattisilla malleilla.

Turvapainaminen on painoteollisuuden osa-alue, joka valmistaa tuotteita, joiden väärentäminen pyritään tekemään mahdollisimman vaikeaksi. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi setelit ja henkilöllisyystodistukset. Niiden valmistamiseen käytetään monia painokertoja ja eri menetelmiä. Painoprosessissa ilmenee aina jonkin verran kohdistusvirheitä, minkä seurauksena painatukset eivät täysin kohdistu keskenään. Lisäksi kohdistuksiin vaikuttavat painolevyjen ja -seulojen mittamuutokset sekä painoalustan muutokset painoprosessin aikana. Turvapainoteollisuudessa on erittäin tärkeää, että valmistetut tuotteet ovat keskenään mahdollisimman samanlaisia. Tämä vaatii erittäin huolellisesti suunniteltua ja laadukasta painoprosessia, jossa kaikki mahdolliset mittamuutokset ja kohdistusvirheet prosessin aikana on otettu huomioon ja kompensoitu mahdollisimman hyvin. [1.]

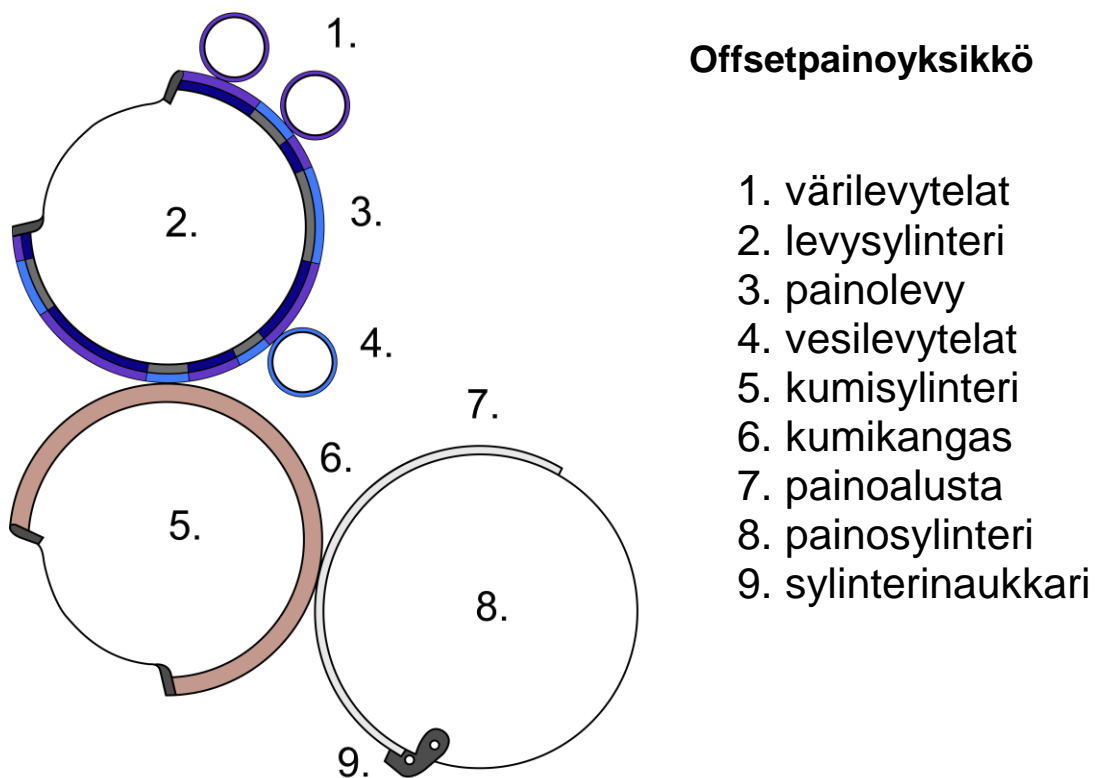
Insinööriyössä tutkitaan turvapainossa tehtävän muovituotteen mittamuutoksia erilaisten painomenetelmien prosessivaiheissa. Tutkimuksessa pyritään selvittämään, mistä muutokset johtuvat ja kuinka niitä voitaisiin pienentää. Lisäksi pyritään tarkastelemaan nykyisten kompensaatiomallien toimivuutta ja sitä, kuinka niitä voitaisiin kehittää entisestään. Työssä keskitytään pelkästään painojäljen kohdistukseen. Muihin painojäljen laatuvaatimuksiin ei oteta kantaa.

Insinööriyössä käsiteltävät tuotteet, niiden materiaalit ja mitoitusarvot ovat salaista tietoa, ja tästä syystä insinööriyössä tulokset esitetään ainoastaan mittamuutosten avulla.

2 Offsetpaino

2.1 Märkäoffset

Offset on nykyisin yksi yleisimmin käytetty painomenetelmä. Tässä menetelmässä painava ja ei-painava pinta ovat samassa tasossa. Menetelmä perustuu kostutusveden ja painoväriin sekä valonherkän kalvon ja alumiinin eriarvoisiin pintajännityksiin ja niiden välisiin rajapintajännityksiin, joista seuraa rajapinnoilla tapahtuva hylkimisreaktio. Offsetpainokoneessa painolevy ei ole suorassa kosketuksessa painettavan materiaalin kanssa, sillä painoväri siirretään painolevyltä ensin elastiselle kumisylinterille, josta se siirretään edelleen painettavaan materiaaliin (kuva 1). [2, s. 36.]



Kuva 1. Tavallinen offsetpainoyksikkö, johon on kiinnitetty märkäoffsetpainolevy [2, s. 38].

Levysylinterille kiinnitetty painolevy kostutetaan vesilevytelojen avulla. Tämän jälkeen sylinterin pyöriessä väritelaston värilevytelat siirtävät painoväriä vain painaville kohdille, sillä väri ei tartu kostutusvedellä kostutetuille painamattomille alueille. [2, s. 37.]

Kostutusveden päätehtävä on estää painoväriin tarttumista painolevyn ei-painaville pinnoille. Märkäoffsetin suurimmat ongelmat aiheuttaa väri-vesitasapaino, jossa värin ja kostutusveden suhde pyritään pitämään oikeana. Mikäli kostutusvettä on liikaa, ei painoväri pysty emulgoimaan kaikkea kostutusvettä, minkä seurauksena painoväri puuttuu tai on haaleaa ja levinnyttä erityisesti painoarkin loppupäässä. Mikäli kostutusvettä on liian vähän, ei painolevy kastu kunnolla, minkä seurauksena painoväri alkaa tarttua myös painolevyn ei-painaville pinnoille. [3, s. 50.]

Laiteratkaisulla kostutusveden emulgoituminen painoväriin voidaan saada aikaan väritelastossa jo ennen kuin kostutus- ja värilaitteisto ovat kontaktissa painolevyn kanssa eli ennen varsinaista painamista. Tämä tehdään siirtämällä kostutusvettä vesilevytelalta siltatelan avulla värilevytelalle ja edelleen väritelastoon. Näin väri-vesitasapaino saavutetaan nopeammin, mikä myös nopeuttaa kuntoonlaittoa ja vähentää aloitusmakulatuuria. [4.]

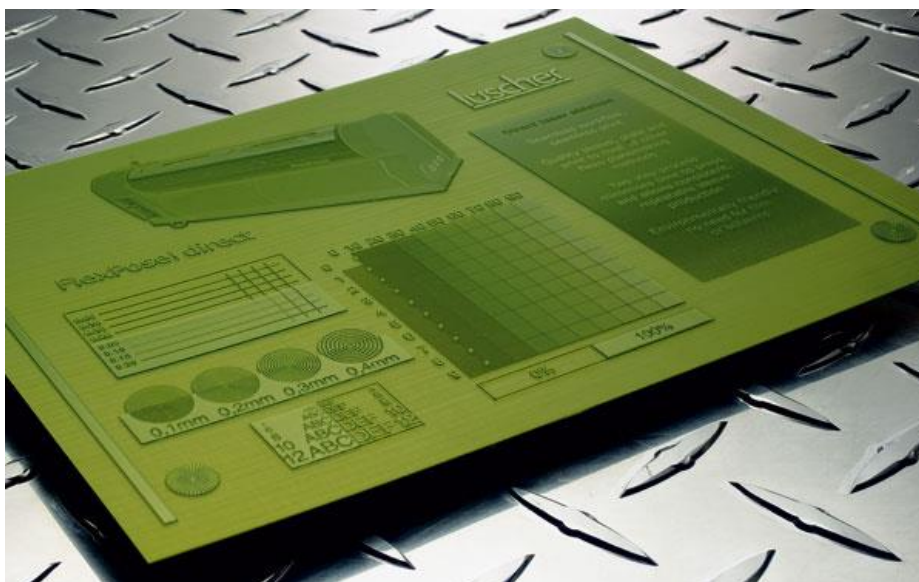
Offsetmenetelmässä painoaiho muodostetaan 0,15–0,5 mm:n paksuiselle alumiinilevyille, joka kiinnitetään painokoneessa olevan levysylinterin ympärille. Offsetmenetelmässä käytettävät painolevyt perustuvat märkä- tai kuivateknologiaan. Näistä märkäteknologia on ylivoimaisesti yleisin. Suomessa lähes kaikissa offsetpainokoneissa käytetään kostutettavia painolevyjä niiden halvemman hinnan vuoksi. [5, s. 122–123.]

Märkäteknologiassa painolevyille on tehty mekaanisesti tai sähkökemiallisesti pintakäsittely, eli karhennus, jotta painamisvaiheessa levyille siirrettävä kostutusvesi levittyisi tasaisesti painolevyn pinnalle. Valonherkän kalvon pintaenergia on matala, joten kostutusvesi ei siirry siihen. Sekä märkä- että kuivaoffsettekniikoissa painoväri siirtyy painoalustalle kumikankaan välityksellä. Tästä syystä offsetpainotekniikkaa kutsutaan epäsuoraksi painomenetelmäksi. Kumikangasta käytetään, koska painoalusta kastuisi liikaa, mikäli märkäoffsetlevyt olisivat suorassa kosketuksessa painoalustan kanssa. Kumikangas antaa myös joustavan pohjan painomateriaalille sen kulkeutuessa painonippiin. [5, s.124.]

2.2 Kuivaoffset

Kuivaoffset on painomenetelmä, jossa yhdistyvät fleksopainossa käytettävä painolevytyyppi ja offsetissa käytettävä tekniikka, jossa painoväri siirretään painoalustalle kumisylinterin kautta. Kuivaoffsetissa painolevyn runkomateriaalina käytetään usein alumiini- tai teräslevyä, jonkin verran myös polyesteriä. Painolevyn pinta pinnoitetaan valoherkällä fotopolymeerillä. [6; 7; 8.]

Kuivaoffsetpainolevy (kuva 2) valmistetaan CTP-tekniikalla, jossa painolevyä valotehtaan sen painavilta pinnoilta. Valotus saa aikaan fotopolymeerikerroksen polymeroimisreaktion, minkä seurauksena valottunut alue kovettuu. Valotuksen jälkeen polymeroimaton osa, joka muodostaa painolevyn ei-painavan pinnan, poistetaan painolevytä lämpimällä vedellä. [8; 9.]



Kuva 2. Kuivaoffsetpainolevyssä painava pinta koostuu fotopolymeerikalvosta. Painava pinta on ei-painavaa pintaa korkeammalla. [10.]

Kuivaoffset saa nimityksensä siitä, että painoprosessissa ei käytetä ollenkaan kostutusvettä, kuten perinteisessä märkäoffsetissa. Tämän seurauksena painojälki on tarkempaa kuin märkäoffsetissa, lisäksi välttyään märkäoffsetissa olevan kostutusveden tuomilta laatuongelmilta. Pisteenkasvu on pienempää ja hallitumpaa, aloituksessa syntyvien huonojen arkkien määrä on vähäisempää ja kostutusvedessä käytettävien lisäaineiden puuttuminen vähentää ympäristövaikutuksia. Kostutusveden puuttuminen aiheuttaa painoprosessissa lämpötilaongelmia, sillä märkäoffsetissa kostutusvesi joh-

taa painoprosessissa syntyvän lämmön pois. Kuivaoffsetissa lämpötilaongelma on ratkaistu termostoiduilla painoväriteloilla, joilla voidaan säätää painovärin lämpötilaa. [8.]

Kuivaoffset sekoitetaan usein virheellisesti vedettömään offsetiin, missä painolevyjen ei-painava pinta on käsitelty painoväriä hylkivällä silikonilla. Vedettömässä offsetissa painava ja ei-painava pinta ovat käytännössä samalla tasolla niin kuin märkäoffsetissa-kin. Kuivaoffsetissa painava pinta on ei-painavaa pintaa korkeammalla, minkä seurauksena painolevyn kehämitta kasvaa, samoin kuin fleksolevyllä, kun se taivutetaan painosylinterin ympärille. Tämä huomioidaan painolevyn mitoituksessa kutistamalla sitä hieman pystysuunnassa. [3, s. 24; 8.]

2.3 Arkkioffsetkoneet

Arkkioffsetkoneen pää rakenneosat jaotellaan usein neljään ryhmään, joilla on oma tärkeä tehtävänsä painotapahtumassa: alustuslaitteisto, arkinkuljetuslaitteisto, painolaitteisto ja luovutuslaitte (kuva 3). [2, s. 16.]



Kuva 3. Heidelberg Speedmaster CD 102 -arkkioffsetpainokone [4].

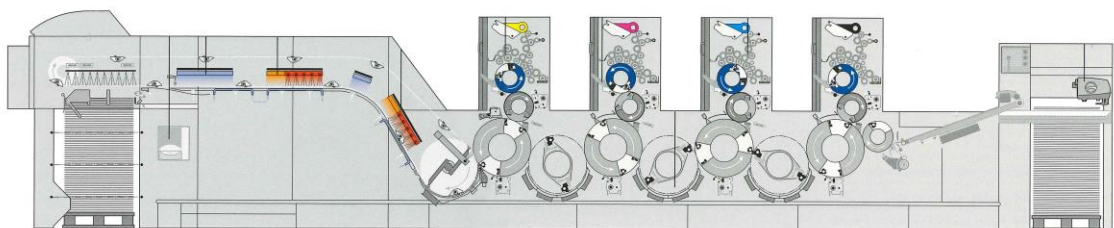
Tyypillisten arkkioffsetkoneiden huippunopeudet ovat keskimäärin 15 000 arkkiä tunnissa. Turvapainokoneissa tuotantonopeudet ovat keskimäärin 5 000–7 000 arkkiä tunnissa, jolloin saavutetaan parempi kohdistus ja painojälki kuin suuremmilla nopeuksilla. Perinteisillä arkkioffsetkoneilla voidaan painaa ainoastaan yhdelle puolelle kerrallaan. Kääntölaitteellisessa painokoneessa voidaan painaa arkin molemmat puolet samalla ajolla. Arkkioffsetkoneessa voi olla jopa kymmenen painoyksikköä, mutta tyypillisimmät ratkaisut ovat nelivärikoneita. Nykyaikaisissa arkkipainokoneiden painoyksiköissä on etäohjauksen vaatiman automatiikan lisäksi automaattinen levynlataus ja

vaihto. Itse painoyksiköt ja niiden väliset arkinsiirtoratkaisut ovat varsin vakiintuneita. [3; 11, s. 241.]

Arkkipainokoneessa painoarkit pinotaan painoprosessin jälkeen. Jotta märkä painoväri ei tahraisi seuraavan painoarkin toista puolta, on arkkioffsetkoneissa yleensä erillinen kuivausyksikkö. Yleisimmät kuivaintekniikat ovat IR eli infrapunasäteilyllä toimivat kuivaimet ja UV eli ultraviolettisäteily. Näiden lisäksi voidaan käyttää erilaisia puhaltimia, jotka puhaltavat lämmintä ja kylmää ilmaa märälle painopinnalle. IR-kuivainta käytetään silloin, kun painokoneessa käytetään hapettumalla kuivuvia painovärejä. Kuivaimet ja puhaltimet sijaitsevat yleensä arkkioffsetpainokoneen luovutuspäässä. UV-kuivainta käytetään silloin, kun painokoneessa käytetään UV-valossa polymeroituvia painovärejä. [5, s. 130.]

2.4 Arkin kulku offsetpainokoneessa

Arkkioffsetkoneissa joudutaan jokainen arkki kuljettamaan erikseen, mitä voidaan pitää arkkikoneiden huonona puolena. Tämä vaatii jatkuvaa säätämistä ja tarkkailua. Arkin kuljetuksesta syntyy usein suurimmat kohdistusvirheet itse painoprosessissa. Arkinsiirto asettaa suuret vaatimukset painokoneen siirtoratkaisuille. Arkkikoneilla painetaan hyvin erityyppisille materiaaleille, ja kuljetuslaitteistot on säädettävä aina materiaalikohteisesti (kuva 4). [12, s. 10; 13.]



Kuva 4. Poikkileikkaus neliväriyksikköisestä arkkioffsetpainokoneesta. Kuvasta havaitaan painokoneen arkinkuljetuslaitteisto, joka koostuu alustuslaitteistosta, hihnakuljettimista, heilahdusnaukkarista, sylinterinaukkareista ja luovutuspään ketjunaukkaritangosta. [4.]

Alistus

Alistin on painokoneen alkupäässä oleva laite, joka siirtää arkkipinon päällimmäisen arkin yksittellen alistuspöydälle. Arkkioffsetkoneissa käytetään kahdentyyppistä alistusta: arkkien yksittäistä alistusta ja limittäisalistusta. Arkkien yksittäisalistusta käytetään silloin, kun painokselta vaaditaan nopeaa kuntoonlaittoa tai jos materiaali ja arkin koko vaihtelevat. Kun painoprosessilta halutaan suuria tuotantonopeuksia, käytetään arkkien limittäisalistusta. [11, s. 229.]

Nykyaikaiset alistinlaitteet toimivat yleensä paineilmalla. Alistimen imusuuttimet imevät arkin suuttimiin ja nostavat arkin irti arkkipinon pinnasta. Arkin alle puhalletaan samanaikaisesti ilmaa, joka irrottaa päällimmäiset arkit toisistaan. Alistuskoneen imusuuttimet tekevät siirtoliikkeen, jolloin arkki siirtyy alistinpöydälle. Vanhemmissa painokoneissa alistuspöydällä käytetään erilaisia hihnoja ja rullia, jotka kuljettavat arkkiä. Tämän tekniikan huonona puolena on, että rullia ja harjoja täytyy säätää painettavan arkkikoon mukaisesti. Nykyaikaisissa painokoneissa käytetään imualistuspöytää. Siinä alistuspöydällä olevat venttiilit imevät jatkuvalla ja tasaisella alipaineella painomateriaalin vasten alistuspöydän kuljetushihnoja. Imualistuspöytää ohjataan painokoneen ohjauspulpetista. [2, s. 56; 11, s. 231.]

Kaksoisarkinvirtija on alistuslaitteen osa, jonka tehtävänä on varmistaa, ettei painokoneeseen pääse kahta päällekkäistä arkkiä. Kaksoisalistuksen sattuessa alimmainen arkki jää aina painamatta. Pahimmassa tapauksessa kahden arkin joutuessa yhtä aikaa sylinterien väliin se voisi aiheuttaa kumikankaan rikkoutumisen tai konevaurioita, koska puristuksen määrä kasvaa huomattavasti suuremmaksi, mikäli painoarkin paksuus kaksinkertaistuu.

Kaksoisalistusta voidaan valvoa usealla eri tekniikalla:

- mekaaninen: kahden rullaparin väliseen etäisyyteen perustuva
- induktiivinen; johteen muodostaman sähkökentän muutokseen perustuva
- optinen; valon intensiteetin muutokseen perustuva
- akustinen; äänen intensiteetin muutokseen perustuva
- kapasitiivinen; sähköiseen potentiaalieroon perustuva. [11, s. 233.]

Kaksoisarkinvarrijassa käytettävien tekniikoiden erot tulevat ilmi painatuksessa käytetyissä olevien painomateriaalien neliömassoissa ja niiden rakenteissa. Lisäksi eri tekniikoiden luotettavuudessa ja nopeudessa on eroja. Yleisesti painokoneissa on aina mekaaninen kaksoisarkinvarrijaja ja tämän lisäksi muilla tekniikoilla toimivia arkinvarrijojia. Mekaaniset kaksoisarkinvarrijat sijoitetaan yleensä alistuspöydälle alistuspinon puoleiseen päähän, kun taas akustiset varrijat voidaan sijoittaa aivan etupidättimien eteen. [11, s. 233.]

Arkit syötetään painokoneen kohdistuslaitteisiin alistuspöydän kautta. Arkin tulee kulkea alistuspöydällä kasaantumatta ja oikealla nopeudella. Arkkien on saavuttava kohdistuslaitteisiin sadasosasekunnin tarkkuudella ja suorassa, jotta arkki siirtyy painoyksikköön oikein kohdistettuna. [2, s. 56; 12, s. 17; 13.]

Arkin kohdistuslaitteet

Alistuspöydältä tuleva arkki pysäytetään alistuspöydän päässä ja kohdistetaan sivusuunnassa ja pystysuunnassa ennen sen syöttämistä painoyksikköön. Arkin pitkä sivu kohdistetaan etupidättimissä eli niin sanotuissa ”hollareissa”. Ennen painoarjin saapumista etupidättimiin sen nopeutta hidastetaan, jotta etureuna kohdistuisi tarkasti. Etupidättimillä säädetään arkin kohdistuminen etureunan eli naukkarireunan kanssa yhdensuuntaiseksi. Arkin leveydestä riippuen yleensä käytetään 3–5:tä arkinpidättäjää. Ne on yleensä kiinnitetty akselille samalle linjalle, jotta arkki asettuu niihin tasaisesti aaltoilematta. Linja on painolevyn etureunan kanssa yhdensuuntainen ja oikealla korkeudella, jotta naukkarit saavat otteen arkista. [2, s. 57; 12, s. 29; 13, s. 28.]

Arkin asettumista etupidättimiin voidaan tarkkailla mekaanisilla tunnistimilla, mutta useimmissa nykyaikaisissa arkkioffsetkoneissa käytetään sähköisiä valokennoja. Antureilla tarkkaillaan, onko arkki tullut pidättimiin oikeaan aikaan ja suorassa. Uusimmissa konetyypeissä naukkarivaraa säädetään etupidättimiä säätämällä painokoneen ohjauspulpetista. Etukohdistimien käyttöön- ja poisotto tehdään käsin arkkikoon mukaan. [11, s. 236; 12, s. 29.]

Sivustimen tehtävä on huolehtia arkin kohdistamisesta sivuttaissuunnassa. Painokoneissa käytettäviä sivustimia on kahta päätyyppiä: työntäviä ja vetäviä. Työntäviä si-

vustimia käytetään yksittäisalistuksessa, ja ne työntävät painoarkin kohti alistuspöydän keskustaa. Työntävän sivustimen etuna on sen rakenteen ja säädön yksinkertaisuus. [11, s. 234.]

Vetosivustin on välttämätön ratkaisu limittäisalistuksessa, sillä arkkien limivirta estää käyttämästä työntösivustinta. Vetosivustin vetää arkin alistuspöydän keskustasta pois-päin. Vetosivustin voi olla mekaaninen tai pneumaattinen. Pneumaattisessa sivustimessa alipaine imee arkin vetolevyä vasten, josta syntyvän kitkan avulla vetolevy sivustaa arkin. [11, s. 234.]

Sivustimessa käytetään yleensä valoanturia, jolla tarkkaillaan arkin oikeaa sivuttaista kohdistumista. Pneumaattinen sivustin on mahdollista varustaa erillisellä induktiivisella kaksoisarkinvarijalla ja valoanturilla. Sivustimessa voidaan käyttää myös automaattista puhdistusta, jolloin paineilma puhalttaa hetkellisesti sivustimeen. [2, s. 57; 11, s. 234; 12, s. 22; 14, s. 54.]

Arkin kulku painoyksiköissä

Painoarkki on sivustinkohdistuksen jälkeen pysähtyneenä. Painoarkki kiihdytetään painokoneen nopeuteen heilahdusnaukkarin tai syöttörummun avulla, joista painoarkki siirretään edelleen painosylinterin naukkareihin. Ennen arkin siirtymistä se on kiinni sekä heilahdusnaukkareissa että painosylinterin naukkareissa. Yksinkertaisissa ratkaisuissa painosylinterin naukkarit ottavat arkin suoraan etupidättimistä. [2 s. 57; 13, s. 29.]

Painosylinterin naukkarit pitävät arkin etureunasta kiinni ja kuljettavat arkkiä painamisen aikana. Puristuksen on oltava riittävä, jotta arkki ei pääsisi liikkumaan painoyksikössä. Painokoneen rakenteesta riippuen yhdellä naukkariotteella voidaan painaa yleensä 1–2 painoväriä. Arkit siirretään painoyksiköstä toiseen siirtorumpujen tai ketjunaukkaritangon avulla (kuva 6). [2, s. 58.]



Kuva 5. Arkin kulku painoyksiköstä toiseen siirtorumpujen avulla [4].

Vaihtotilanteessa molempien rumpujen naukkarit pitävät yhtä aikaa kiinni painoarkista, jotta arkki ei pääsisi siirtymään vaihdon aikana. Tämä aiheuttaisi välittömästi kohdistusvirheen painoarkilla. Moniväripainatuksen kohdistustarkkuus on keskimäärin noin 0,05–0,10 mm. [2, s. 58.]

Luovutus

Arkki siirretään viimeisestä painoyksiköstä luovutuspinoon yleensä ketjunaukkaritangolla. Luovutuksen suurimman haasteen aiheuttaa arkkien tahraavuus. Arkkia ei saa tuoreiden väripintojen vuoksi liikuttaa sivusuunnassa, vaan arkki tulisi asettua arkkipinoon täsmällisesti tulolinjallaan. Lisäksi arkin lepattaminen aiheuttaa jonkin verran ongelmia, sillä lepatus tahraa helposti painovärin. Tätä pyritään estämään säädettävillä ilmasuihkuilla, joilla pyritään hallitsemaan arkin kulkua. Arkki tulisi saada siirtymään ketjunaukkareista luovutuspinoon mahdollisimman rauhallisesti ja hallitusti. Luovutuslaitteella arkit tasataan suoraksi pinoksi. Märkien väripintojen tahraavuutta voidaan vähentää myös pulveroinnilla. [13.]

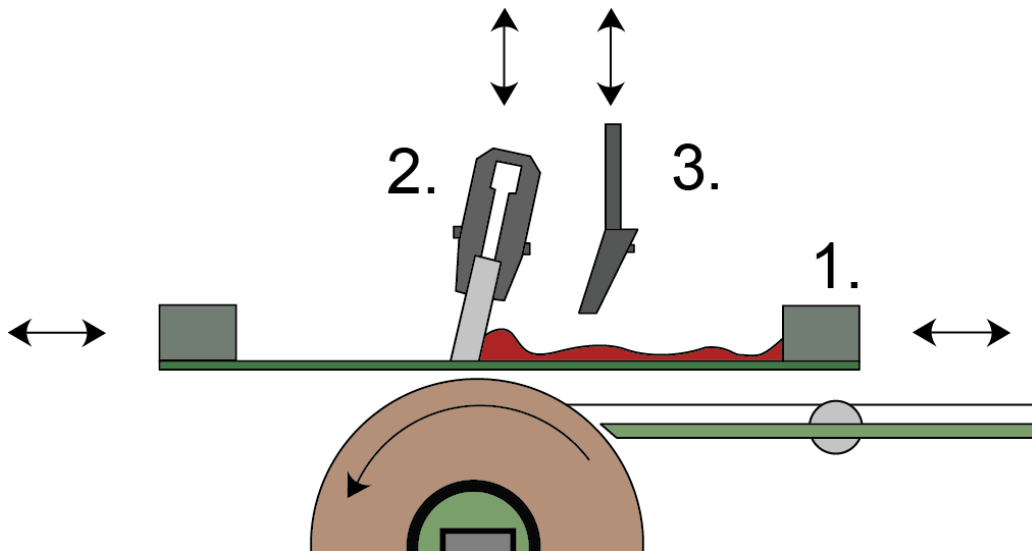
3 Silkkipaino

3.1 Silkkipainokoneet

Silkkipainotekniikassa käytetään kehykseen pingotettua verkkomaista, painoväriä läpäisevää seulaa. Painoväri asetetaan vapaasti seulan päälle, ja väri painetaan seulan läpi kumi-, polyuretaani- tai metalliraakelilla, jolloin väri siirtyy seulan alla olevalle painoalustalle. Seulan ei-painavat pinnat on tukittu, niin ettei painoväri läpäise seulaa niiltä kohdin. [5, s. 143.]

Silkkipainomenetelmässä painovärin siirtämiseen ei käytetä ollenkaan puristusta. Värintsiirto perustuu värin kykyyn tarttua materiaaliin. Silkkipainossa käytetyt värit ovat notkeita, tahnamaisia ja yksistään käytettynä hyvin peittäviä. Värikerroksen paksuus on yleensä suuri. [2, s. 23.]

Silkkipainokoneet ovat yleensä joko taso- tai sylinteripainokoneita. Painoyksiköitä on yleensä yhdestä neljään. Taso- ja sylinteripainokoneiden lisäksi on olemassa silkkipainokoneita, jotka on räätälöity varta vasten tietyn tuotteen painamista varten, esimerkiksi CD-levyt. [5, s. 145.] Kuvassa 6 on esitetty tasopainokonetyyppinen silkkipainokone.



Kuva 6. Tasosylinterikoneen toimintaperiaate: Painoarkki kulkee kuljettimien avulla seulan (1) alla olevalle sylinterille. Seula liikkuu vaakatasossa edestakaisin samalla nopeudella, jolla arkki kulkee kuljettimissa. Raakeli (2) ja värin levitin (3) liikkuvat vuorotellen ylös ja alas samaan tahtiin seulan liikkeiden kanssa.

Yleisin teollisuudessa käytettävä silkkipainokone on rakenteeltaan tasopainokone, joilla voidaan painaa sileäpintaisille arkkeina, levyinä tai rullana oleville materiaaleille. Tasopainokonetta käytettäessä ei painoalustan paksuudella ole teoriassa ylärajaa. Arkkikoot vaihtelevat pienistä tarroista suuriin offsetpainoarkkeihin. Tasopainokoneet voivat olla käsikäyttöisiä painokoneita tai puoli- tai täysautomaattisia painokoneita. Käsikäyttöisiä painokoneita käytetään painosmäärältään ja kooltaan hyvin pienimuotoisiin tuotteisiin. Puoliautomaattisia koneita käytetään silloin, jos painosmäärät ovat suuria, mutta tuotteen koko vaihtelee painoprosessien välillä. Täysautomaattisia tasopainokoneita käytetään suuriin painosmääriin tuotteissa, joiden arkkikoko pysyy samana. [5, s. 146.]

3.2 Seula ja painamiseen vaikuttavat tekijät

Seula muodostuu yleensä metallisesta tai puisesta kehikosta, johon on pingotettu verkomainen kangas. Seulan tulee olla tarpeeksi kestävä ja hyvin kiinnitettynä sen kehikoon, jotta se kestää painamisen ja puhdistamisen aiheuttamat mekaaniset rasitukset muuttumattomana. [3, s. 90.]

Seulan yleisimpiä materiaaleja ovat erilaiset synteettiset materiaalit, kuten polyamidit ja polyesterit. Myös silkkiä käytetään yhä pienissä määrin seulamateriaalina. Joissakin sovelluksissa, kuten esimerkiksi muoville painettaessa, seulakankaalta vaaditaan anti-staattisuutta, jolloin seulamateriaalina käytetään karbonoitua polyamidia tai metalloitua polyesteriä. Mikäli seulakankaalta vaaditaan suurta lämmönkestävyyttä ja mittapysyvyyttä, voidaan seulakangas valmistaa teräksestä tai pronssista. [3, s. 89.]

Seulojen tiheys ilmoitetaan yleensä lankaa/cm. Käytännössä seulojen lankatiheydet vaihtelevat välillä 2–200 lankaa/cm. Yleisimmin käytetty seulatiheys on noin 100 lankaa/cm. Valittavaan seulaan vaikuttavat haluttavan värikerroksen paksuus, värin pigmenttipartikkelien koko ja toistettavien yksityiskohtien tarkkuus. Kun seulan tiheys kasvaa, tehollinen painoalue pienenee, kunnes seula ei ole enää painokelpoinen eikä väri pääse siitä läpi. Seulan lankojen paksuus vaikuttaa suoraan tuotettavien värikerrosten paksuuteen. Mikäli halutaan paksu värikerros, valitaan seula, jonka tiheys on alhainen. Mikäli pigmenttien partikkelikoko on suuri, käytetään myös matalatiheyksistä seulaa. Mikäli painotuotteelta vaaditaan hyvää yksityiskohtien toistoa, käytettävän seulan on oltava tiheä. [5, s. 145, 15.]

Väriin siirtymiseen seulakankaan läpi vaikuttaa monta tekijää, joista raakelin kulma on tärkein. Raakelin kulmana käytetään yleisesti 75°. Tehokkain painokulma on 70–78 astetta. Mikäli kulma on tätä suurempi tai pienempi, väriaallon paine pienenee ja painatuksessa saattaa syntyä ongelmia, minkä seurauksena joudutaan lisäämään raakelin puristusvoimaa. [15.]

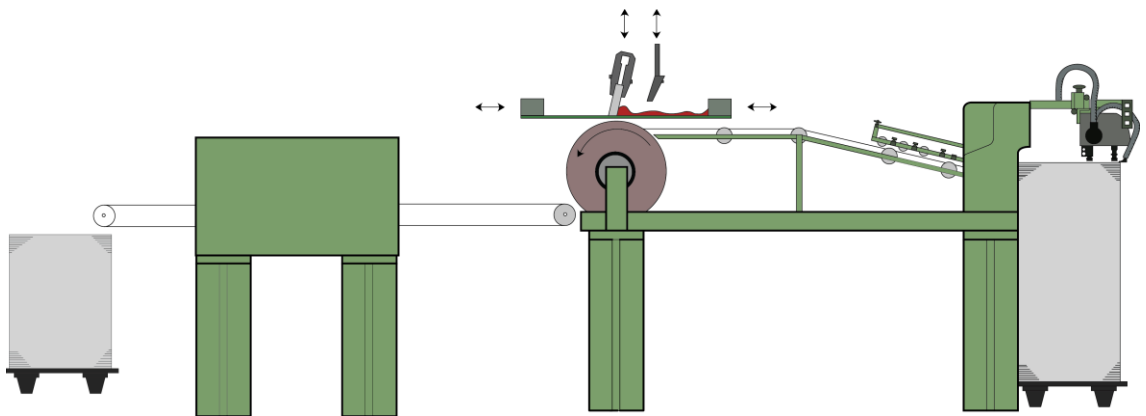
Usein silkkipainossa painaminen toteutetaan siten, ettei seula ole jatkuvassa kosketuksessa painettavaan materiaaliin. Tällä estetään painoväriin leviäminen painomateriaalin pinnalle ja nopeutetaan seulan irtoamista painomateriaalista. Isot kompaktipinnat ja korkeaviskositeettiset painovärit vaativat suuremman etäisyyden seulan ja painomateriaalin välille. Myös suuret painonopeudet vaativat suuremman etäisyyden painettavan materiaalin ja seulan välille. Mikäli etäisyys kasvaa suureksi, alkaa painojäljen ja seulan välille muodostua mittamuutoksia. Oikein jännitetty seulakangas vaatii pienen etäisyyden, painojälki on tasaista ja mittapysyvyys on hyvä. [15.]

Yksinkertaisimmissa menetelmissä seula-aiho voidaan toteuttaa käsin tai koneellisesti leikkaamalla. Yleisimmin kuitenkin käytetään valokemiallisia prosessimenetelmiä. Yleisimmin käytettyä valokemiallista prosessia nimitään suoraksi valotukseksi. Tässä valotusprosessissa puhtaan seulan alapintaan levitetään valoherkkä fotopolymeerin emulsiokerros. Tämän jälkeen seulan päälle asetetaan positiivifilmi, joka kohdistetaan erillisen kohdistusfilmin avulla. Seulaa valotetaan positiivifilmin lävitse UV-valolla, joka kovettaa fotopolymeerikalvon seulan ei-painavilta pinnoilta. Seulan painavat pinnat on peitetty valotuksen aikana filmin tummilla kohdilla, minkä seurauksena niiden osalta polymeroitumista ei tapahdu ja ne säilyvät kovettumattomina. Valotuksen jälkeen seula huuhdotaan lämpimällä vedellä, jolloin valottumaton fotopolymeerikalvo huuhtoutuu pois seulan pinnalta. [5, s. 144.]

Seulan valmistuksessa on myös olemassa Computer To Screen -sovelluksia, jossa ei käytetä filmiä, vaan painoaiho tulostetaan seulan emulsiokalvon pinnalle mustesuihkutekniikalla. Tämän jälkeen kalvoa valotetaan UV-valolla, jolloin mustesuihkutuloste toimii maskina fotopolymeerin pinnalla. Valotuksen jälkeen muste ja valottumaton osa poistetaan. [3, s. 90; 5, s. 145.]

3.3 Arkin kulku automaattisessa tasosylinteripainokoneessa

Täysautomaattisessa tasosylinteripainokoneessa arkkien alistaminen muistuttaa pitkälti offsetpainokoneen alistusta (kuva 7). Alistin siirtää paineilman avulla arkit yksitellen alistuspöydälle ja kohdistimiin, josta arkit kuljetetaan edelleen painosylinterille. Painosylinterin kohdalla painokoneen seula ja raakeli laskeutuvat alas. Painovaiheen aikana raakeli pysyy paikallaan ja seula liikkuu arkin mukana. Kun raakeli saavuttaa seulan toisen pään, nousevat sekä raakeli että seula ylös ja siirtyvät takaisin aloituspisteeseensä. Arkki siirtyy sylinteriltä kuljetinhihnoille, jotka kuljettavat sen kuivausyksikköön. Kuivausyksikön jälkeen arkki siirtyy luovutukseen, jossa arkit pinotaan päällekkäin lavalle. [5, s. 146.]



Kuva 7. Täysautomaattinen tasosylinterikone.

Täysautomaattisissa tasosylinterikoneissa on aina erillinen kuivausyksikkö, jossa painovärit kuivataan lämpösäteilyn tai UV-säteilyn avulla käytettävän painovärin mukaan [5, s. 146].

4 Painojäljen kohdistaminen

Kohdistamisella tarkoitetaan painojäljen sijoittamista painoarkille siten, että painojälki on sivu-, ylä- ja alasuunnassa arkin keskellä ja on arkin alareunan suhteen suorassa. Painoarkki kohdistetaan aina toisen alakulman mukaan. Tätä kohdistuskulmaa nimitetään sivustinkulmaksi. Se muodostuu arkin sivusta, joka kohdistetaan sivustimen seinämään, ja arkin etureunasta, joka kohdistetaan arkin etupidättimiin. [2, s. 46.]

Painoarkin sivuttaissuuntainen kohdistus säädetään sivustinta säätämällä. Ylä- ja alasuunnan kohdistamiseen on useampia vaihtoehtoja. Voidaan säätää painolevyä kiinnityskiskoista tai koko sylinteriä siirtämällä. Arkin etupidätintä siirtämällä voidaan saada aikaan pieniä säätöjä. Mikäli arkki painetaan molemmin puolin, tulee sivustinkulma vaihtaa toista puolta painettaessa siten, että kulma on täsmälleen sama painoalustaan nähden. Näin saavutetaan parempi läpikohdistuvuus. [2, s. 46.]

Mikäli painetaan useampi kuin yksi painoväri, tulee värien kohdistua myös keskenään. Neliväriyössä kohdistustarkkuuden tulee olla alle 0,1 mm. Värien kohdistamisen perusta on ensimmäisellä painokerralla painettu painojälki, jonka mukaan muut painovärit kohdistetaan. Sivuttaissuuntainen korjaus tehdään sivustimen säädöillä ja ylä- ja alasuunnan korjaukset painolevyä siirtämällä. [2, s. 46.]

Uusimmissa painokoneissa osavärien kohdistuvuus voidaan osaksi automatisoida. Kohdistusta verrataan aina tummimpaan osaväriin, niin sanottuun referenssiväriin. Arkille painetaan erilaisia kohdistusmerkkejä, joita painokone osaa lukea ja säätää asetuksia sen mukaisesti. Painaja kohdistaa referenssiväriin paikoilleen, minkä jälkeen painokoneen automatiikka painaa muut osavärit oikeassa suhteessa referenssiväriin. Automatiikalla ajettaessa painokoneen järjestelmä mittaa ja säätää jatkuvasti ympärys-, sivuttais- ja ristikkäisrekistereitä. Haluttaessa automatiikka voidaan ohittaa, jolloin järjestelmä suorittaa mittaukset, mutta ei tee muutoksia painokoneeseen mittausten perusteella. Mittaustulokset näytetään painokoneen ohjauspulpetissa sijaitsevalle tietokoneelle, josta painaja voi päättää, tasoitetaanko poikkeama vai ei. Yleinen toimintatapa on, että seurantatoimintoa käytetään painokoneen kuntoonlaittovaiheessa ja automatiikkaa tuotantoajossa. [11, s. 241.]

5 Muoville painaminen

Muovin käyttö painoalustana on lisääntynyt voimakkaasti. Eniten painettuja muovituotteita käytetään pakkausteollisuudessa, mutta kehittyneiden painovärien ansiosta siitä on tullut myös hyvä vaihtoehto muissa painotöissä, jossa muovituotteen ominaisuuksissa on painotuotteelle hyötyä. [5, s. 47.]

Yleisimpiä painettavia muovilaatuja ovat polyeteeni (PE), polyvinyylikloridi (PVC), polypropeeni (PP), polystyreeni (PS) ja polykarbonaatti (PC). Näille materiaaleille voidaan

painaa offset- ja silkkipainomenetelmillä sekä osittain myös digitaalisilla painomenetelmillä. Muovit voivat olla kirkkaita tai värillisiä. Offsetmenetelmää käytettäessä muovien paksuudet vaihtelevat välillä 0,1–0,5 mm. [5, s. 48.]

Muoveja voidaan päällystää ekstruusio- eli suulakepuristusmenetelmällä, jossa lämmitetty sula muovimassa puristetaan tiiviiksi massaksi, minkä jälkeen se puristetaan ohuen suulakkeen lävitse päällystettävän muovikalvon pinnalle. Koronakäsittelyssä muovin pintaenergiaa lisätään sähköisen varauksen avulla. Koronakäsittely lisää muun muassa pinnan kiinnittymistä ja kostuvuutta. [16.]

Suurin osa muovilaaduista vaatii pintakäsittelyn, jossa muovin pintaenergiaa kasvatetaan, jolloin painoväri tarttuu paremmin muovin pintaan. Muovien pintakäsittely toteutetaan yleensä jo muovia valmistettaessa, mutta muovien pintaenergiaa voidaan muokata myös painokoneella erilaisilla menetelmillä, kuten korona-, liekki- tai plasmakäsittelyllä tai primeroinnilla, jossa muoville levitetään primerilakkaa. Painamattomien muoviarkkien säilyttämisaian pitäisi olla mahdollisimman lyhyt, sillä pintakäsittely heikkenee pitkäaikaisen varastoinnin yhteydessä. [17, s. 169.]

Yleisimmät muovit, joille pintakäsittely tehdään, ovat PET, PP ja PE. Muille muoveille, kuten esimerkiksi PVC:lle, pintakäsittely ei välttämättä ole tarpeen. Muoveja voidaan myös yhdistää esimerkiksi pintakäsittelemällä toisella muovilaadulla, jolloin saadaan molempien yhdistettävien muovilaatujen hyvät ominaisuudet käyttöön. [16.]

Muovit ovat pintarakenteeltaan erittäin sileitä, ja tämän vuoksi muoville painettavilta painoväreiltä vaaditaan erityisominaisuuksia. Muovi ei ole materiaalina huokoista, joten painoväri ei imeydy siihen ollenkaan ja kuivuminen kestää kauemmin. Painovärin ja sen kuivumismekanismien valinta on siten tärkeää. Painoalustan ja painovärin pintaominaisuuksien tulee myös sopia toisiinsa. Ennen varsinaista painoprosessia tulee varmistaa, että painoväri kuivuu kunnolla, pintojen välinen adheesio on riittävä ja painoväri on mekaanisesti kestävä muovin pinnalla. [16.]

Painovärien kuivatustehoon vaikuttavat monet eri tekijät: kuivattava värimäärä ja -sävy, painokoneen nopeus, liuotinväreillä liuottimien laatu ja määrä sekä UV-kuivuvilla väreillä reagoivien initiaattorien määrä ja UV-säteilyn määrä [18].

Muovipainoprosesseissa käytettävät liuotinpohjaiset painovärit ovat ominaisuuksiltaan juoksevia ja ne haihtuvat nopeasti painamisen jälkeen painokoneen kuivausyksiköissä. Liuotinpohjaisia painovärejä käytetään muun muassa silkkipainoväreinä sekä inkjet – tekniikassa. Offsetpainotekniikkaa käytettäessä muoville painetaan painovärejä, jotka polymeroituvat sekunnin murto-osassa, kun ne altistetaan tietyn pituiselle aallonpituudelle. Näitä painovärejä kutsutaan yleisesti UV-kuivuviksi painoväreiksi. UV-kuivuvia painovärejä käytettäessä painokoneen luovutusosaan asennetaan UV-säteilyä lähettävä laite, jonka seurauksena painoväri kuivuu välittömästi. [16.]

Hapettumalla kuivuvat värit eivät ole mekaanisesti yhtä kestäviä muovituotteissa kuin UV-kuivuvat painovärit. [16.]

Painovärin kuivumisongelmien lisäksi muoville painettaessa ongelmaa aiheuttavat erilaiset kohdistuksen hallintaongelmat. Ohuet muovikalvot venyvät helposti prosessin aikana. Läpinäkyviä muovilaatuja painettaessa optisten tarkkailuanturien käyttö vaikeutuu radan hallintalaitteissa. Muovi on myös materiaalina erittäin sähköstaattista, minkä vuoksi painokoneissa tarvitaan erilaisia sähkövarauksenpoistolaitteita. Muovit vetävät staattisen sähkön vaikutuksesta pölyä puoleensa. Tästä syystä muovipainon tulisi olla ylipaineistettu ja eristetty muista tuotantotiloista. [3, s. 139; 17, s.170.]

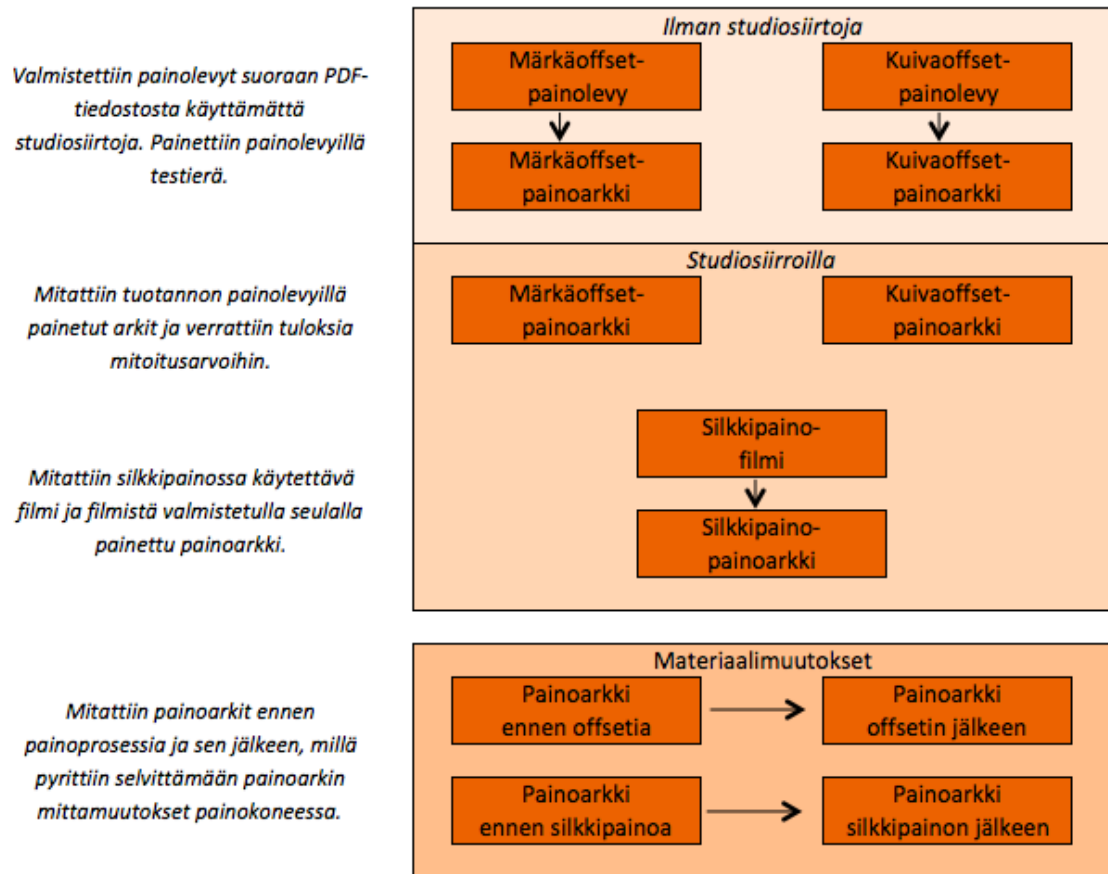
6 Turvapainon muovituotteen mittamuutokset

6.1 Työn tavoite ja toteutus

Insinööriytyössä tutkittiin painoprosessissa tapahtuvia muutoksia ja seurattiin, kuinka painotyön mitat muuttivat matkalla painotiedostosta lopulliseen painoarkkiin. Työssä pyrittiin myös selvittämään, mistä prosessissa ilmenevät mittamuutokset syntyivät ja kuinka niiden määrää pystyttäisiin pienentämään. Painoprosessissa käytetään erilaisia studiosiirtoja, joilla pyritään kompensoimaan näitä tilaajayrityksen prosessissa tapahtuvia mittamuutoksia. Työssä pyrittiin selvittämään myös nykyisten studiosiirtojen oikeellisuus.

Työtä varten valmistettiin märkä- ja kuivaoffsetin painolevyt suoraan PDF-tiedostosta käyttämättä minkäänlaisia studiosiirtoja. Nämä painolevyt mitattiin ja mitattuja tuloksia verrattiin alkuperäisen PDF-tiedoston mittoihin. Mitatuista arvoista pystytään tarkaste-

lemaan, mitä mahdollisia mittamuutoksia studiossa ja levynvalmistuksessa syntyy (kuva 9).



Kuva 8. Työn toteutus ja tehdyt mittaukset.

Mittausten jälkeen molemmat painolevyt asennettiin painokoneeseen ja painolevyillä painettiin testierä. Tällä testierällä pyrittiin selvittämään, kuinka painolevyn mittoja tulisi studiossa kompensoida, jotta lopputuotteessa mitat olisivat samat kuin alkuperäisessä PDF-tiedostossa.

Työssä mitattiin myös nykyisillä studiosiirroilla painettuja painoarkkeja. Painetuista arkeista pyrittiin selvittämään märkä- ja kuivaoffsetin kohdistuvuus nykyisillä studiomitoilla. Arkkeja painettiin offsetpainokoneella kahteen kertaan peräkkäin sekä eri sivustinkulmaa käyttäen, jotta pystyttiin selvittämään eri ajokertojen ja sivustinkulman vaikutus kohdistuvuuteen. Lisäksi painettiin sekä valkoiselle että kirkkaalle arkille, jolloin voitiin tarkastella materiaalin vaikutuksia painoprosessiin.

Silkkipainoprosessin selvittämiseksi mitattiin tuotannossa käytettävä silkkipainofilmi ja lopullinen painotuote. Silkkipainossa käytettävä seula on kooltaan niin suuri, ettei sitä ollut mahdollista mitata sellaisenaan mittauksissa käytetyllä mittalaitteella. Mittauksen mahdollistamiseksi seulakangas olisi jouduttu poistamaan seulan kehikosta, minkä seurauksena mittaustulokset eivät olisi olleet enää vertailukelpoisia jännitettyyn seulakankaaseen verrattuna.

Lopuksi työssä mitattiin arkit ennen offsetia ja silkkipainoa sekä painon jälkeen, jotta voitiin selvittää, tapahtuiko painoarkissa mittamuutoksia painoprosessin aikana.

6.2 Mittaus ja sen toteutus

Mittauslaitteena käytettiin Micro-Vu Excel 4120 -tasomittalaitetta (kuva 9). Laitteessa on lasinen mittauspöytä, johon mahtuu enintään 600 x 600 mm:n tasomainen kappale. Tasopöydän yläpuolella on laitteen liikuva mittauspää, joka koostuu punaisista ja valkoisista LED-valoista ja zoom-objektiivisesta mikroskoopista. Laitteessa on myös taustavalo lasipöydän alla. Mittalaite soveltuu hyvin painettujen arkkien mittaamiseen, mutta painolevyt ja seulat ovat hieman liian suuria siihen, jotta ne voitaisiin mitata kokonaan. Laitetta ohjataan InSpect-mittausohjelmalla.



Kuva 9. Mittauksissa käytetty Micro-VU Excel 4120 -tasomittalaite [19].

Mittauksissa käytettiin laminoitavan korttituotteen arkkiaseointia (kuva 10), jossa yhdellä painoarkilla on kuusi korttia vaakarivissä ja kahdeksan korttia pystyriivissä.

X1Y8	X2Y8	X3Y8	X4Y8	X5Y8	X6Y8
X1Y7	X2Y7	X3Y7	X4Y7	X5Y7	X6Y7
X1Y6	X2Y6	X3Y6	X4Y6	X5Y6	X6Y6
X1Y5	X2Y5	X3Y5	X4Y5	X5Y5	X6Y5
X1Y4	X2Y4	X3Y4	X4Y4	X5Y4	X6Y4
X1Y3	X2Y3	X3Y3	X4Y3	X5Y3	X6Y3
X1Y2	X2Y2	X3Y2	X4Y2	X5Y2	X6Y2
X1Y1	X2Y1	X3Y1	X4Y1	X5Y1	X6Y1

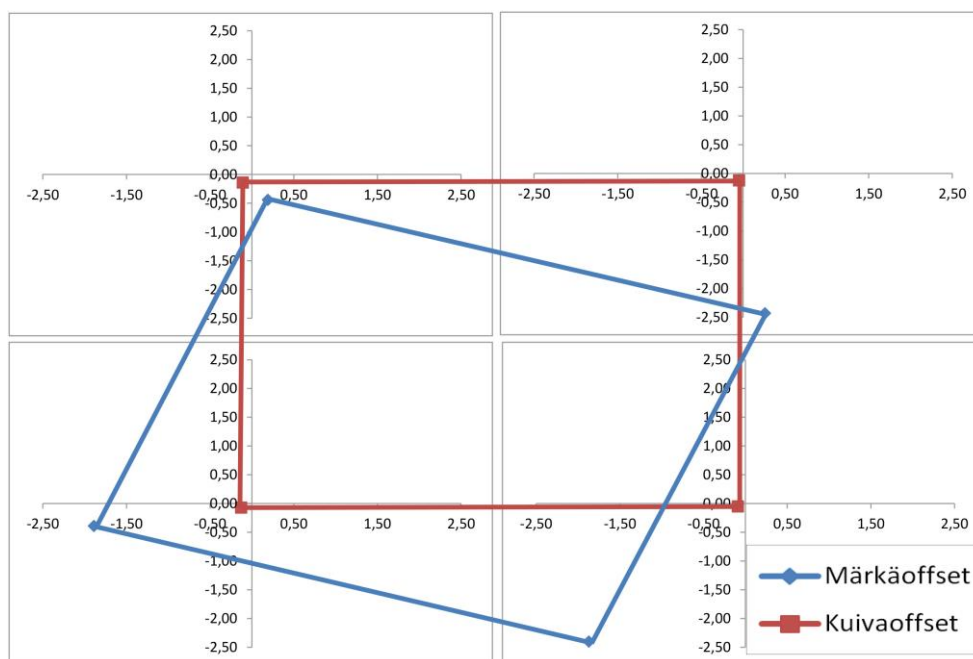
Kuva 10. Korttituotteiden arkkiaseointi, jota käytettiin mittauksissa. Jokaisen eri kortin kohdistuvuudet mitattiin erikseen.

Mittauksen X-koordinaatistona käytettiin arkin alareunaa, josta muodostettiin 90°:n kulmassa Y-koordinaatisto kohti arkin yläreunaa. Mittauksen origo määritettiin aina siihen arkin kulmaan, jota painatuksessa käytetään sivustinkulmana. Tätä kulmaa voidaan pitää painokoneen kohdistuskulmapisteinä. Laminoitava muovikortti koostuu yleensä etu- ja takasivusta, jolloin sivustinkulma vaihdetaan painoprosessissa siten, että lopullisessa laminoidussa tuotteessa käytetään samaa kohdistuskulmaa.

6.3 Offsetpainon tulokset

Painolevyt

Märkä- ja kuivaoffsetpainolevyistä piirrettiin kuvaaja, jossa on painoalueen kulmat suhteessa mitoituservoihin (kuva 11). Kulmien välille jäävät mittauspisteet ovat lineaarisesti kulman väliin piirrettävällä trendiviivalla. Näin voidaan havainnollistaa painatuksen muotoa ja kohdistettavuutta. Mikäli painolevy olisi tarkka kopio PDF-tiedostosta, olisivat arkin kulmapisteet niille määritetyn origon keskipisteessä.



Kuva 11. Painoelementtien sijainnit painolevyllä suhteessa painoarkin reunoihin.

Märkäoffsetin painopellin mittaustuloksissa havaittiin suurta kallistumaa oikealle alas. Teoriassa painolevyn tulisi olla suorassa ja täysin mittojen mukainen. Märkäoffsetin vinouma on mitä todennäköisimmin aiheutunut mittausvirheestä, jossa X–Y-koordinaatiston määrittäminen painolevyllä on epäonnistunut. Määrittämiseen käytettiin painolevyssä olevaa arkin kulmamerkkiä. Painolevy on niin suuri, ettei mittalaite yltänyt mittaamaan kuin vain yhden kulman koko painolevyllä. Tämän vuoksi X-koordinaatisto on määritetty hyvin lyhyen viivan perusteella, ja siksi akseliin on syntynyt selvästi havaittava vinouma.

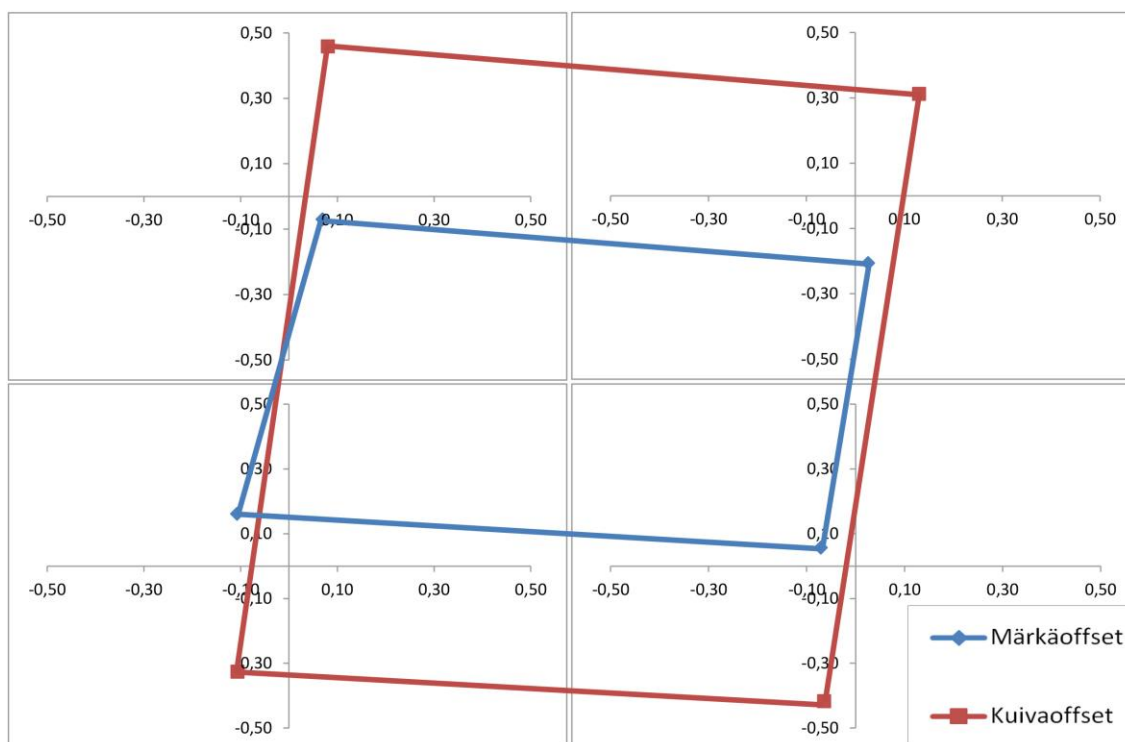
Kuivaoffsetpainolevy on hyvin tarkka kopio lopullisesta painotuotteesta. Mitoitusarvoihin verrattuna painolevy on 0,1 mm alempana ja 0,1 mm oikealla. Nämä arvot ovat niin pieniä, että ne ovat saattaneet tulla myös mittausvirheestä, sillä painolevyn suuren koon vuoksi sitä ei pystytty mittaamaan kokonaan käytetyllä mittalaitteella. Lisäksi arkin kulmamerkki oli kovin lyhyt, jolloin origon tarkka määrittäminen painolevyllä osoittautui hankalaksi.

Molemmat painopellit asetettiin mittauksen jälkeen painokoneeseen, minkä seurauksena pelti ei ollut enää suora, eikä sitä tämän vuoksi voitu mitata enää uudestaan. Tarkastelemalla painoalueiden muotoja voidaan selvittää, johtuuko märkäoffsetin vinouma mittauksesta ja siinä syntyneestä X-akselin virheellisestä määrittelystä. Painoalueen

muotojen tarkastelemiseksi laskettiin kulmien ristimitat kulmasta kulmaan. Märkälevyn ristimitoiksi saatiin 560,62 mm & 560,59 mm ja kuivalevyn ristimitoiksi 560,59 mm & 560,59 mm. Mittaustulosten perusteella painolevyjen painoalueet ovat samansuuruiset ja -muotoiset, joten voidaan olettaa märkäoffsetin kallistuman syntyneen mittausrvirheestä. Märkä- ja kuivaoffsetpainolevyt ovat siis samankokoiset kuin lopullinen painotuote.

Painoprosessi

Lopullisista painoarkeista mitatuista tuloksista piirrettiin vastaava kuvaaja kuin painolevyistäkin (kuva 12). Kohdistuksissa ei otettu huomioon painossa syntyneitä kohdistusvirhettä, vaan arkin keskikohta asetettiin nollakohtaan olettaen, että painaja kohdistaisi painojäljen oikealle kohdalle arkin keskiosassa. Näin pystyttiin vertailemaan, onko painokuvioita ylipäättään mahdollista kohdistaa täysin päällekkäin koko arkilla.



Kuva 12. Painoalueen muoto arkilla suhteessa mitoitusarvoihin. Molemmissa painomenetelmissä painatus on hieman vinossa arkkiin nähden. Kuivaoffset venyy pituussuunnassa painolevyn suuremman kehämitan vuoksi.

Tuloksista havaittiin, että pystysuunnassa kuivaoffsetin painojälki on paljon leveämpi kuin märkäoffsetin. Kuivapainolevyssä painava pinta on hieman koholla ei-painavaan

pintaan nähden, kun taas märkäoffsetin painopellillä molemmat pinnat ovat samalla tasolla. Kun painolevyt taivutetaan painosylinterin ympärille, on kuivaoffsetin kehämitta suurempi kuin märkäoffsetin, koska kuivaoffsetissa painava alue on painolevyllä kohollaan. Suurempi kehämitta aiheuttaa sen, että kuivaoffset on keskimäärin 0,25 % pitempi Y-suunnassa kuin märkäoffset. Märkäoffsetin pystysuuntainen mitta näyttäisi hieman kutistuvan testipainoerässä painatuksen aikana. Kutistuma saattaa johtua kumisylinterin vääränlaisista peitteistä, minkä seurauksena kumisylinterin kehämitta on pienempi kuin painolevyn. Tuotannosta mitatuissa tuotteissa ei havaittu kutistumaa märkäoffsetin kohdalla (liite 2).

Tuloksista havaitaan myös, että painojälki on painoarkilla aina vinossa samaan suuntaan sekä kuiva- että märkäoffsetilla. Painojäljen vinoutta selvittäessä mitattiin painoarkin sivujen suoruus ja painojäljen suoruus (liite 1). Mittaustuloksista havaittiin, että arkki ja painojälki ovat molemmat suorina, mutta ne eivät ole suorassa keskenään. Tästä voidaan todeta, että vinouma ei johdu vinoon leikatusta arkista eikä painolevyn vinoumasta, vaan se syntyy painokoneessa, mitä todennäköisimmin kohdistuksessa. Mittauksista huomataan, että vinouma on aina samaan suuntaan, suhteessa painokoneessa käytettävään sivustinkulmaan (liite 2). Kulman suuruus on välillä 0,0002–0,0006°. Kulma on erittäin pieni, ja siksi se on hyvin altis mittausrvirheille. Kulman epäilään syntyvän painolevyjen automaattisyytössä tapahtuvasta systemaattisesta virheestä, minkä seurauksena painatus on aina vinossa sivustimeen nähden.

Eri painokerroilla ei havaittu olevan vaikutusta kohdistukseen (liite 2). Materiaalista johtuvien kohdistusvirheiden vertaileminen oli vaikeaa, sillä kirkkaan muovikalvon mittaaminen osoittautui valkoista arkkiä vaikeammaksi ja kohdistuserot jäisivät mitä todennäköisemmin pienemmiksi kuin mittauksessa syntyvä mittausepäätarkkuus. Tästä syystä kirkasta ja valkoista materiaalia ei voitu vertailla keskenään.

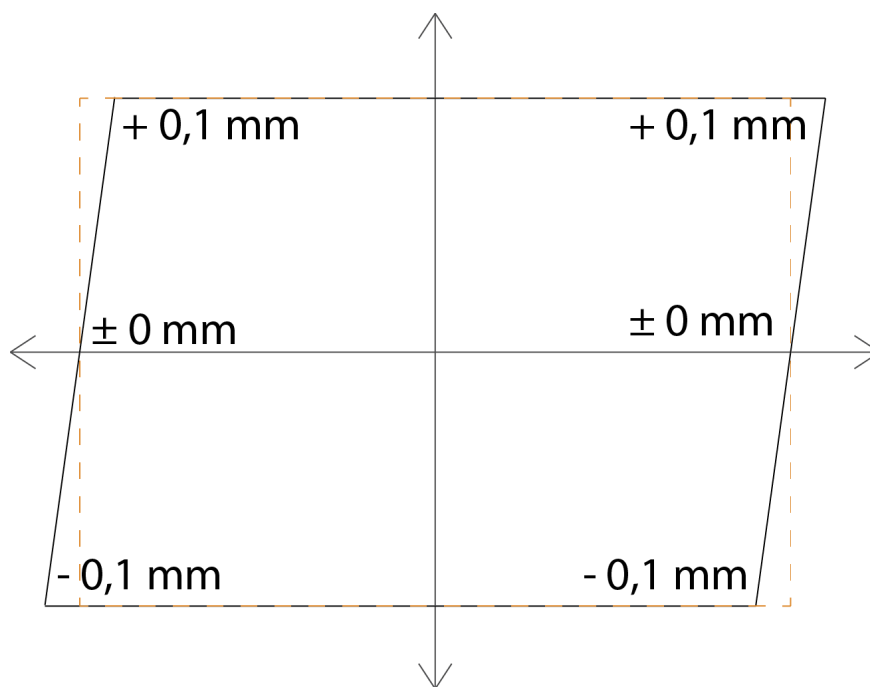
Mittaustulosten hajonnasta voidaan havaita, että tarkimmat kohdistukset ovat arkin sivustinkulmassa ja epätarkinta kohdistus on sivustinkulman vastakkaisessa kulmassa (taulukko 1). Arkki kohdistetaan sivustinkulmaan, minkä seurauksena kohdistus on myös sen läheisyydessä tarkinta.

Taulukko 1: Kohdistuksen hajontaa arkin eri alueilla. Sivustinkulma on merkitty punaisella kulmalla arkin vasempaan alakulmaan. Hajonta on pienintä X- ja Y-suunnassa sivustinkulman läheisyydessä. Taulukko esittää korttiasemoinnin korttirivejä ja -sarakkeita. Hajonnan yksikkönä on millimetri.

Märkäoffset												
X-suuntainen hajonta						Y-suuntainen hajonta						
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
8	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
7	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
6	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
5	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
4	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
3	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
2	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
1	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02

Kuivaoffset												
X-suuntainen hajonta						Y-suuntainen hajonta						
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
8	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
7	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
6	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
5	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
4	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
3	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
2	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
1	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02

Tarkasteltaessa nykyisin käytettäviä studion kompensatiokertoimia havaitaan, että painokoneella syntyvää $0,0002\text{--}0,0006^\circ$:n vinoumaa ei kompensoida millään lailla. Tästä seuraa, että yleensä arkin sivujen keskiosat on kohdistettu oikein, mutta arkin kulmat eroavat $\pm 0,10$ mm mitoitusarvoista (kuva 14). Kuivaoffsetin painosylinterin aiheuttama pystysuuntainen venymä on kompensoitu erittäin hyvin.



Kuva 13. Painokoneessa syntyvä vinouma ja sen vaikutukset loppulliseen painojälkeen X–Y-koordinaatistossa. Keltaisella katkoviivalla on havainnollistettu arkin suunniteltuja mitoitussarvoja. Mustalla viivalla esitetään syntyvää painojälkeä ja sen vinoumaa.

Mitat eroavat mitoitussarvoista alle 0,1 mm ja ovat pääasiassa alle 0,05 mm.

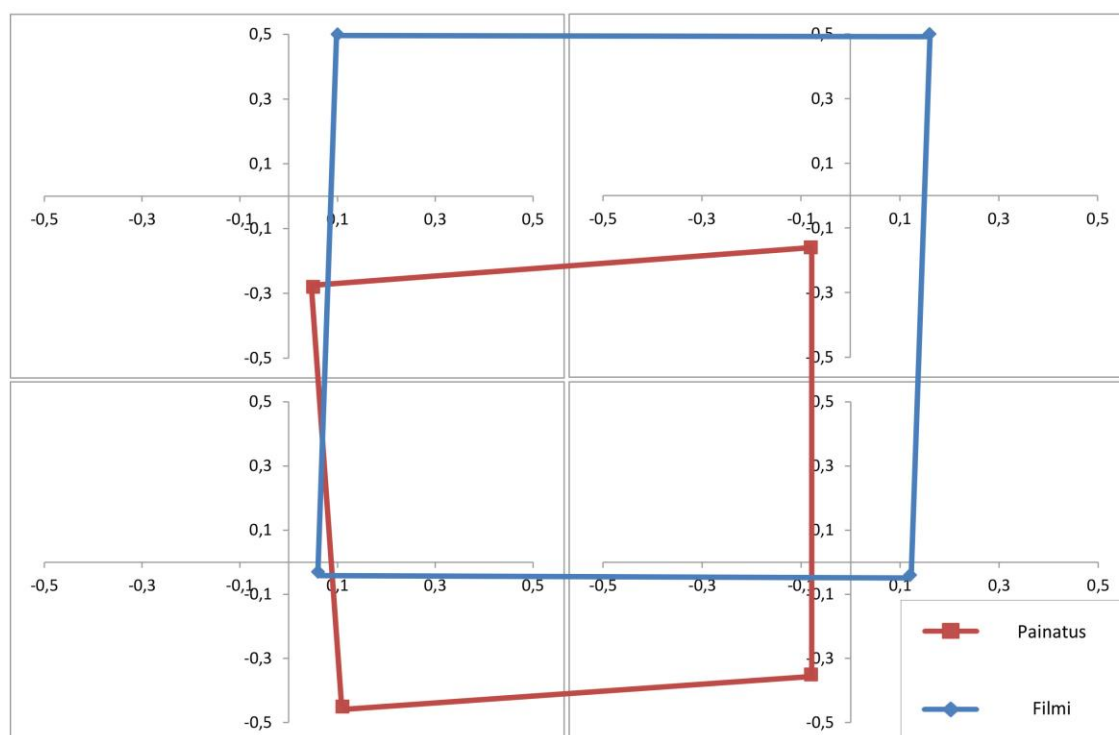
Arkin muodonmuutokset offsetpainokoneessa

Arkeissa, jotka mitattiin ennen offsetpainokonetta ja sen jälkeen, ei havaittu merkittäviä mittamuutoksia (liite 3). Niiden keskinäiset kohdistukset ovat hieman erilaiset, mutta tämä saattaa johtua myös siitä, että ne ovat eri tuotantoeristä. Tuloksista voidaan laskea arkkien pinta-alat ennen painoa ja sen jälkeen. Mittaustulosten perusteella arkin pinta-ala kutistuu 0,0226 % painokoneessa. Käytännössä lukuarvo on niin pieni, että ei voida varmasti sanoa, johtuuko tämä ero arkkien erilaisesta leikkauksesta, mittausrvirheestä tai painokoneesta. Muutos on niin pieni, että voidaan olettaa, ettei arkkien koko muutu painokoneessa.

6.4 Silkkipainon tulokset

Valotusfilmi

Silkkipainossa käytettävä filmi mitoitetaan 0,11 mm leveämmäksi ja 0,56 mm korkeammaksi kuin lopullinen painotuote, sillä on havaittu, että painojälki kutistuu, kun se painetaan seuralta painoalustalle. Mittaustulosten perusteella filmi oli 0,05 mm suunnitellusta sijainnista liian oikealla. Muutoin filmi oli muodoltaan ja kooltaan juuri sellainen, kuin studiosiirroissa oli määritelty (kuva 14).

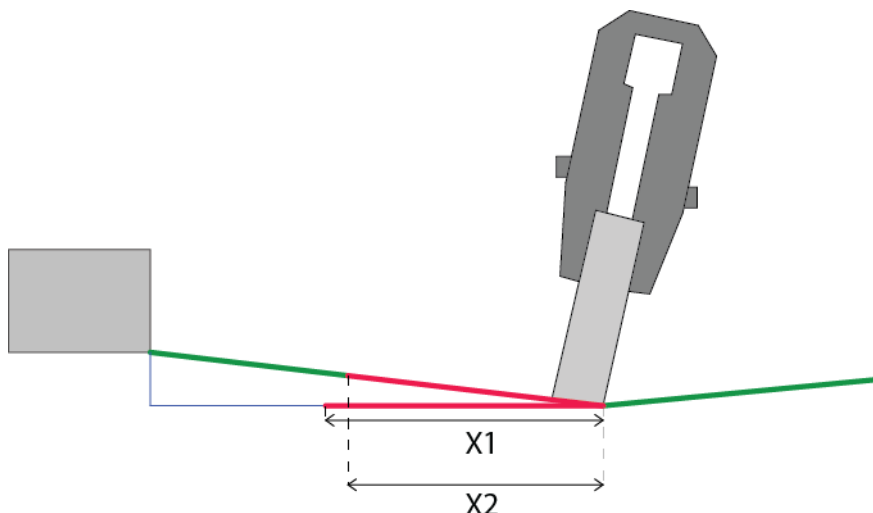


Kuva 14. Silkkipainofilmi ja filmistä valmistetulla seurala painettu painoarkki.

Painoprosessi

Painettaessa painojälki siirtyy noin 0,2–0,8 mm mitoitettua tasoa alemmas. Siirtymä on suurinta arkin yläreunassa ja pienintä arkin alareunassa (kuva 14). Samalla myös painoalue kutistuu pystysuunnassa keskimäärin 0,5 mm ja sivusuunnassa noin 0,2 mm. Sivustinkulma on arkin vasemmassa reunassa, ja raakelin veto kulkee arkin alareunasta yläreunaan. Raakelin seuralle aiheuttama puristusvoima venyttää hieman seurala alaspäin. Seula joustaa sitä vähemmän, mitä lähempänä ollaan seulan kehyksiä. Seu-

lan painoaiho ei painaudu suoraan painopinnalle, vaan painoliike on viistosti alaspäin (kuva 15). Tämän seurauksena raakelin aloituspisteessä painojälki siirtyy alemmas kuin on mitoitettu ja samalla painojälki kutistuu. Sama ilmiö toistuu myös seulan muilla reunoilla, mistä seuraa painojäljen sivuttaissuuntainen kutistuminen ja koko painojäljen tynnyriefekti.



Kuva 15. Seulan joustaminen ja raakelin liikkeestä aiheutuva painoaiheen siirtyminen ja kutistuminen.

Arkin muodonmuutokset silkipainokoneessa

Työssä mitattiin arkkeja ennen silkipainoa ja sen jälkeen, jotta pystyttiin tarkastelemaan arkin mahdollisia mittamuutoksia ja niiden suuruutta silkipainoprosessissa. Mittaus toteutettiin mittaamalla märkäoffsetpainatusta arkeista ennen silkipainoa ja sen jälkeen. Mitatut arkkit olivat samasta tuotantoerästä, mutta eivät samoja arkkeja. Mittaustulosten perusteella havaitaan, että arkin kohdistus muuttuu hieman silkipainoprosessin aikana, mutta arkin muoto säilyy ennallaan (liite 4). Kohdistuksen muutos voi johtua offsetin erilaisesta kohdistuksesta arkkien välillä. Tuloksista laskettujen pinta-alojen perusteella arkki kasvaa 0,0008 % silkipainoprosessissa. Käytännössä tämä lukuarvo on niin pieni, että se syntyy mitä todennäköisimmin mittausepävarmuudesta, ja siksi voidaan olettaa, etteivät painoarkit muutu silkipainoprosessissa.

6.5 Virhearviointi

Mittausmenetelmiin vaikuttaa aina useita virhelähteitä, jotka ovat luonteeltaan satunnaisia tai systemaattisia. Virhelähteitä on koko mittausjärjestelmässä, johon kuuluvat muun muassa laitteet, materiaalit, menetelmät ja käyttäjät. Mittaustuloksia kuvaavat laatuominaisuudet eivät ole vain laitteen ominaisuuksia, vaan niihin vaikuttavat merkittävästi näytteenkäsittely, mittaustapa ja niin edelleen. Laitteominaisuudet asettavat kuitenkin ne rajat, joiden sisällä tulokset voivat olla. [20.]

Näytteenotto suoritettiin ottamalla prosessista painoarkkeja eri prosessivaiheista. Näytteenottoa ei pystytty toteuttamaan niin, että näytteitä olisi otettu painokoneen käydessä eri painovaiheessa, vaan näytteet kerättiin vasta, kun koko erä oli painettu. Arkkien ottaminen pinon välistä osoittautui erittäin työlääksi, koska arkipino oli erittäin painava ja pinoon aiheutunut vinouma ja epäjärjestys olisivat aiheuttaneet alistusongelmia seuraavassa painovaiheessa. Tämän vuoksi näytteeksi otetut arkit ovat pääasiassa peräkkäin painettuja arkkeja. Arkkeja otettiin yhteensä 10 ja 19 kpl jokaisesta painovaiheesta, eikä niitä palautettu takaisin prosessiin. Koska näytearkit ovat peräkkäisiä, ne eivät välttämättä edusta koko painoerää. Lisäksi arkkien määrä on kovin pieni, jotta yksittäiset virheelliset arkit eivät vaikuttaisi kokonaistulokseen.

Tulosten kannalta olisi ollut parempi, mikäli testissä olisi seurattu samoja arkkeja palauttamalla ne aina takaisin tuotantoon, painamalla niille seuraava painos ja mittaamalla samat arkit uudelleen. Lisäksi tutkimuksessa seurattiin vain yhden tuotteen yhtä painoerää. Tämän vuoksi näytteiden edustavuudesta koko painoprosessiin ei ole takeita. Paremmen edustavuuden saamiseksi olisi pitänyt mitata useampaa painoerää ja useampaa tuotetta.

Mittauksessa syntyvä virhe syntyy yleensä mittausvälineiden epätarkoituksenmukaisesta ja väärästä käsittelystä ja lukemavirheestä. Itse analyysilaitteistosta johtuvat virheet ovat usein varsin pieniä. Maahantuoja oli kalibroinut mittauksissa käytetyn mitta-laitteen vajaa puoli vuotta ennen mittauksia.

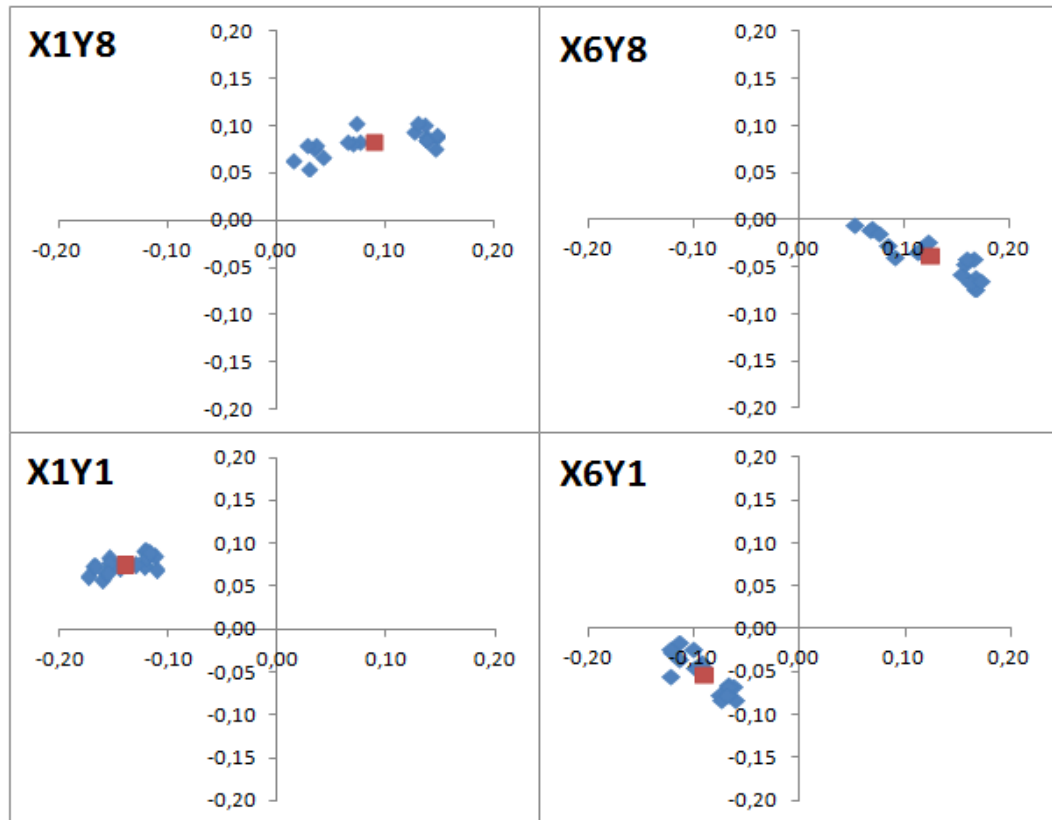
Mittauksessa haastetta aiheutti erityisesti mittaukselta vaadittava suuri tarkkuus, koska arkkien väliset mittaerot ovat poikkeuksetta hyvin pieniä. Käytettävä turvapainoprosessi osoittautui paikoin tarkemmaksi kuin mahdollinen mittaustarkkuus. Kohdistusmerkkeissä käytettävä viivanpaksuus on 0,1 mm. Mittausten toistettavuus vaihteli välillä 0–0,06

mm. Tämä aiheutti mittaustuloksiin satunnaisvirheen, jota olisi pystytty pienentämään mittaamalla suuri määrä arkkeja, jolloin tulokset olisivat jakautuneet normaalijakauman mukaisesti.

Kirkasta arkkia oli huomattavasti vaikeampi mitata kuin valkoista, sillä siihen painettu painoväri näkyi haaleasti ja sen pinta ei ollut yhtä tasainen. Kirkkaan arkin mittaamista pyrittiin helpottamaan asettamalla arkin alle valkoinen painamaton arkki. Tämä toimenpide helpotti arkin mittaamista, mutta on saattanut aiheuttaa systemaattista virhettä mittaustulokseen. Osaksi tämän vuoksi ei voida ottaa kantaa siihen, minkälaisia eroja kohdistuksen kannalta esiintyy valkoiselle ja kirkkaalle painettaessa.

Alkuperäisessä mittausohjelmassa kone määritteli painoarvin reunat itse. Näin kuitenkin mittaustuloksissa ilmeni suurta hajontaa ja lopullisiin tuloksiin tuli suurta lisävirhettä. Mikäli arkin reuna oli leikattu vinoon, taittunut tai rypistynyt, se aiheutti mittauksessa käytettävän origon siirtymisen ja tämän seurauksena kaikkien mittauspisteiden siirtymisen. Lisäksi mittauskone ei tarkentanut aina täysin oikeaan kohtaan mitattaessa arkin reuna-alueita. Tätä virhettä pyrittiin vähentämään määrittämällä arkin reunat käsin koneelle ja laittamalla arkin reunoille teräksiset painot, jotka suoristivat mahdollisesti taittuneita arkin reunoja.

Lopullisia tuloksia käsiteltäessä on käytetty yksittäisten mitattujen arkkien välistä otoskeskiarvoa (kuva 16).



Kuva 16. Yksittäisten mittaustulosten välinen hajonta (sininen) ja tuloksista lasketut keskiarvot (punainen) arkin eri kulmissa märköffset painojäljessä. Hajonta kasvaa, mitä kauemmaksi mennään sivustinkulmasta.

Tulosten keskiarvolle voidaan laskea virhearvio, jota kutsutaan keskiarvon keskivirheeksi. Se lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$S = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

S = keskivirhe

s = muuttujan keskihajonta otoksessa

n = otoskoko

Keskiarvon keskivirheen lausekkeesta havaitaan, että mittausten määrän kasvaessa keskiarvon keskivirhe pienenee. Toistojen avulla voidaan siis parantaa lopputuloksen tarkkuutta verrattuna yksittäisen mittauksen tarkkuuteen, ja saavutettu tarkkuus on sitä parempi, mitä enemmän painoarkkeja mitataan. [21.]

Mitatuista tuloksista laskettiin arkkien keskiarvon keskivirhe, jolloin voidaan verrata eri painomenetelmien kohdistuvuutta keskenään (taulukko 2).

Taulukko 2. Mittausten keskiarvojen pienin ja suurin keskivirhe vaaka- ja pystysuunnassa. Pienin keskivirhe on aina sivustinkulmassa ja suurin vastakkaisessa kulmassa.

Keskivirhe (mm)			
Arkki	Painomenetelmä / ajokerta	X	Y
Etusivu	Märkäoffset 1	0,056–0,131	0,030–0,069
Etusivu	Kuivaoffset 1	0,044–0,117	0,022–0,072
Etusivu	Märkäoffset 2	0,052–0,107	0,020–0,066
Etusivu	Silkkipaino 1	0,177–1,539	0,351–1,256
Takasivu	Märkäoffset 1	0,024–0,055	0,009–0,032
Takasivu	Kuivaoffset 1	0,021–0,054	0,010–0,052

Tuloksista havaitaan, että keskivirhe on aina pienin sivustinkulmassa, lisäksi virhe on suurempaa pysty- kuin vaaka-asteikolla. Arkit kohdistetaan sivustinkulmasta, minkä seurauksena mittaustulosten hajonta tässä kulmassa on kaikkein pienintä. Lisäksi etupidättimet ovat tarkempi kohdistusmenetelmä kuin sivustin, mistä seuraa pystyasteikon pienempi hajonta mittaustulosten välillä.

Kohdistus on painoarkissa aina ajokohtaista, sillä arkki kohdistetaan aina alistinpöydällä, minkä jälkeen kohdistuksen pitäisi pysyä samana koko painokoneen läpimenon ajan. Tästä syystä märkä- ja kuivaoffsetissa ei havaita kohdistuseroja kummankaan menetelmän hyväksi. Sen sijaan ajokerta vaikuttaa kohdistukseen. Huomataan, että kohdistuksen tarkkuus on kutakuinkin sama samalla ajokerralla märkä- ja kuivaoffsetin kohdalla. Silkkipainon kohdistuvuus on selvästi offsetin kohdistuksia heikkolaatuisempi. Tämä johtuu seulan muutoksista painoprosessissa sekä painokoneiden kohdistuseroista.

6.6 Johtopäätökset

Tulosten perusteella voidaan olettaa, että painolevyjen valmistusprosessi on tarkka ja painolevyt valmistuvat alkuperäisestä tiedostosta tarkkana kopiona. Painolevyjen mitaamisessa haastetta aiheutti niiden suuri koko.

Kun kuva-aihe painetaan painolevyltä painoalustalle, märkäoffset kutistuu pystysuunnassa noin 0,2 mm. Tämän oletetaan johtuvan painokoneen kumisynterinin virheellisistä

peitteistä. Kuivaoffsetin pystysuuntainen mitta kasvaa noin 0,25 % verrattuna märkäoffsetiin. Tämä johtuu painolevyn kasvavasta kehämitasta, kun painolevy taivutetaan painosylinterin ympärille. Offsetpainon painojälki on aina vinossa suhteessa arkkiin. Vinouma on suuruudeltaan $0,0002-0,0006^\circ$, ja se kaartuu aina poispäin sivustinkulmasta. Vinouman epäillään syntyvän painolevyn automaattisesta syötöstä ja siinä olevasta systemaattisesta virheestä, minkä seurauksena painolevy on aina tietyn verran vinossa suhteessa sivustinkulmaan. Kohdistusten hajonta on pienintä sivustinkulmassa, koska arkki kohdistetaan etupidättimien ja sivustimen avulla sivustinkulmaan.

Eri offsetpainokerroilla ei havaittu olevan vaikutusta kohdistukseen. Kirkkaan ja valkoisen muoviarkin vertailu osoittautui vaikeaksi kirkkaan muoviarkin vaikean mittaamisen vuoksi. Tämän seurauksena ei voida ottaa kantaa siihen, onko kirkkaalla ja valkoisella arkilla eroa kohdistuksessa.

Silkkipainossa havaittiin, että painojälki kutistuu sekä pysty- että vaakatasossa, kun se painetaan seuralta painoalustalle. Raakelin liikkeen suuntainen kutistuma on suurempaa kuin poikittainen kutistuma. Painojälki siirtyy samalla myös alas noin 0,2–0,4 mm arkin pystysuunnassa. Siirtymä on suurinta arkin alareunassa, josta raakeli aloittaa liikkeen ja pienintä arkin yläreunassa. Painojäljen siirtymä alaspäin johtuu siitä, että seula joustaa vähemmän kehyksien reunalla kuin keskellä. Samalla myös raakeli painaa seulakangasta alaspäin, jolloin painojälki siirtyy suorasta tasosta hypotenuusaksi, minkä seurauksena painojälki kutistuu.

Arkkien mittapysyvyyttä tarkkailtaessa voidaan todeta, etteivät painoarkit muuta muotoaan ja kokoaan offset- ja silkkipainoprosessien aikana merkittävästi.

Kuivaoffsetin pystysuuntainen leveneminen on kompensoitu erittäin hyvin nykyisillä studiomitoilla. Offsetpainon suurin kohdistukseen liittyvä ongelma on painokoneessa syntyvä vinouma, joka tulisi korjata painokonetta säätämällä, ei studiosiirroilla. Kulman suoristamisen jälkeen offsetpainon kohdistuvuus on erittäin hyvä.

Silkkipainon sivuttaissuuntainen filmin kompensointi näyttäisi olevan hieman liian pieni. Filmiä tulisi venyttää vielä noin 0,15 mm. Myöskään silkkipainon alaspäin siirtyvää painojälkeä ei ole kompensoitu riittävästi. Filmiä pitäisi siirtää myös ylöspäin noin 0,3 mm, jotta kohdistus olisi suunnitellulla tasolla.

7 Yhteenveto

Muovisessa turvapainotuotteessa yleisimmin käytettävät painomenetelmät ovat offset ja silkkipaino. Offsetin painolevyt voivat perustua märkä- tai kuivateknologiaan. Eri tekniikoihin perustuvat painolevyt ovat keskenään erilaisia, eivätkä ne jätä painoalustaan täsmälleen samankokoista painoaluetta, vaikka levyt olisivatkin samankokoiset. Silkkipainossa kuva-aiheen muutoksia aiheuttaa seulan venyminen ja etäisyys painoalueesta. Kaikkia näitä lopulliseen painoalustaan siirtyviä systemaattisia mittamuutoksia ja venymiä pyritään kompensoimaan studiossa tapahtuvilla siirroilla ja venytyksillä tai kutistuksilla.

Turvapainotuotteita painettaessa ei käytetä prosessivärejä, vaan kaikki värit sekoitetaan spottiväreistä ennen niiden laittamista painokoneeseen. Tämän seurauksena sama arkki joudutaan painamaan useaan kertaan saman painokoneen lävitse, jotta kaikki osavärit saadaan painotuotteeseen. Tämä taas lisää värien keskinäistä kohdistusvirhettä, mikä tulee huomioida painoprosessia suunniteltaessa.

Insinööriyössä selvitettiin offset- ja silkkipainoprosessin mittamuutoksia ja niistä syntyviä kohdistusvirheitä lopulliseen painotuotteeseen. Työn tarkoituksena oli selvittää, kuinka hyvin nykyiset prosessissa käytettävät kompensatiotoimenpiteet kompensoivat näitä mittamuutoksia ja pitäisikö niitä mahdollisesti muuttaa jollain lailla.

Tulosten perusteella voidaan olettaa, että painolevyjen valmistusprosessi on tarkka ja painolevyt valmistuvat alkuperäisestä tiedostosta tarkkana kopiona. Kun kuva-aihe painetaan painolevyltä painoalustalle, märkäoffset kutistuu pystysuunnassa noin 0,2 mm ja kuivaoffsetin pystysuuntainen mitta kasvaa noin 0,25 % verrattuna märkäoffsetiin. Offsetpainon painojälki on aina vinossa suhteessa arkkiin. Vinouma on suuruudeltaan $0,0002\text{--}0,0006^\circ$, ja se kaartuu aina poispäin sivustinkulmasta.

Silkkipainossa havaittiin, että painojälki kutistuu sekä pysty- että vaakatasossa, kun se painetaan seuralta painoalustalle. Raakelin liikkeen suuntainen kutistuma on suurempaa kuin poikittainen kutistuma. Painojälki siirtyy samalla myös alas noin 0,2–0,4 mm arkin pystysuunnassa. Siirtymä on suurinta arkin alareunassa, josta raakeli aloittaa liikkeen ja pienintä arkin yläreunassa.

Arkkien mittapysyvyyttä tarkkailtaessa voidaan todeta, etteivät painoarkit muuta muotoaan ja kokoaan offset- ja silkkipainoprosessien aikana merkittävästi.

Kuivaoffsetin pystysuuntainen leveneminen on kompensoitu erittäin hyvin nykyisillä studiomitoilla. Offsetpainon suurin kohdistukseen liittyvä ongelma on painokoneessa syntyvä vinouma, joka tulisi korjata painokonetta säätämällä, ei studiosiirroilla. Kulman suoristamisen jälkeen offsetpainon kohdistuvuus on erittäin hyvä.

Silkkipainon sivuttaissuuntainen filmin kompensointi näyttäisi olevan hieman liian pieni. Filmiä tulisi venyttää vielä noin 0,15 mm. Myöskään silkkipainon alaspäin siirtyvää painojälkeä ei ole kompensoitu riittävästi. Filmiä pitäisi siirtää myös ylöspäin noin 0,3 mm, jotta kohdistus olisi suunnitellulla tasolla.

Tutkimuksessa testatun aineiston määrä oli kohtalaisen pieni ja keskittyi vain yhteen painoerään ja tuotteeseen, minkä vuoksi tulosten käytettävyyttä kaikkiin painotuotteisiin ja eri painokertoihin ei voida varmuudella vahvistaa. Jotta tulosten yleistettävyydestä koko prosessiin voitaisiin varmistua, tulisi mitata vielä toinen erä samasta tuotteesta sekä muita painotuotteita ja verrata saatuja tuloksia keskenään.

Insinöörityössä aloitettua tutkimusta jatketaan edelleen yrityksessä. Tavoitteena on selvittää painamisen jälkeen tulevien työvaiheiden mittamuutokset ja niiden kompensointi. Insinöörityössä saatuja tuloksia hyödynnetään, kun koko turvapainotuotteen valmistusprosessi on mitattu ja selvitetty.

Lähteet

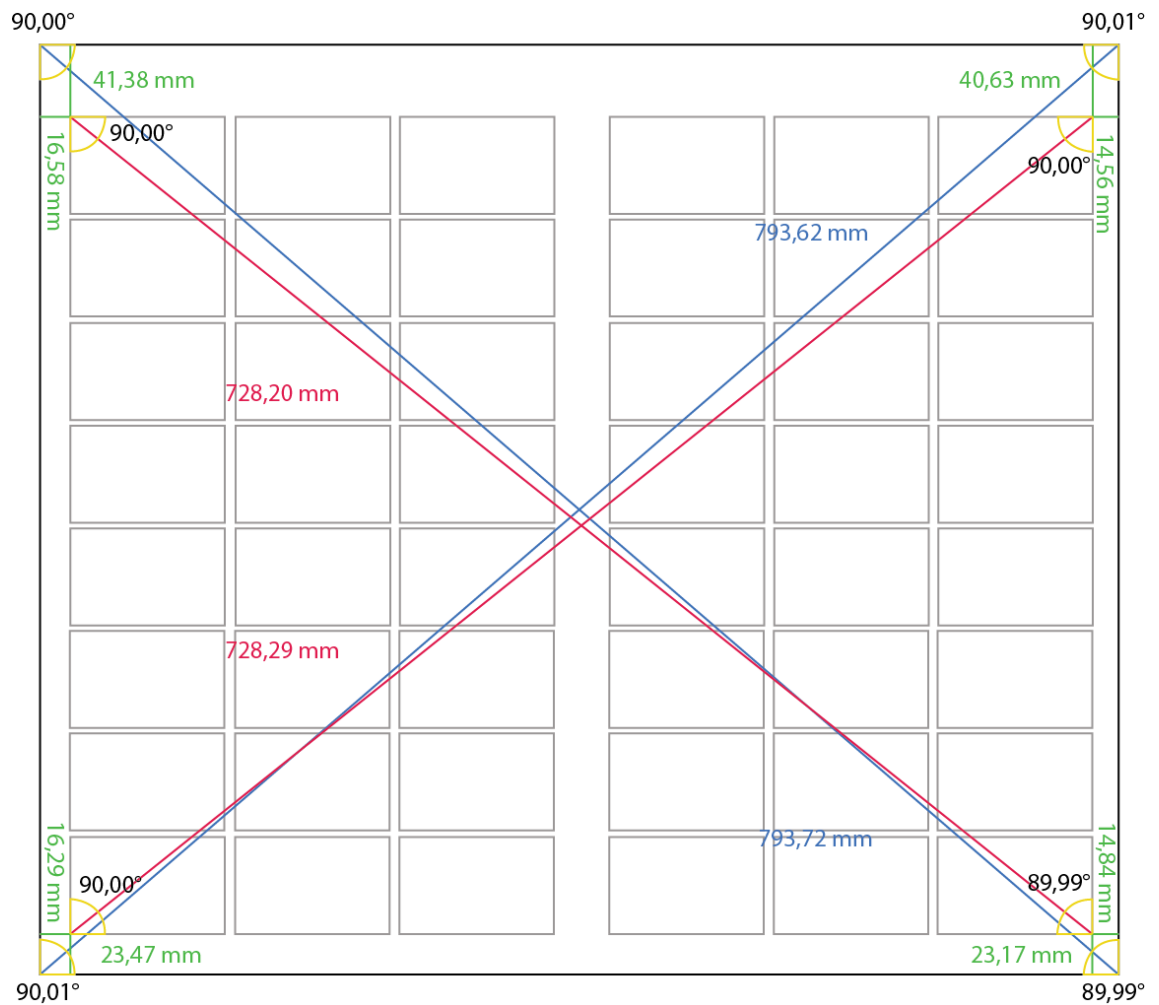
- 1 Alenius, Ele. et al. 1985. Suomen pankin setelipaino 1885–1985. Helsinki: Suomen pankki.
- 2 Tepponen, Tapio. 1985. Graafisen tekniikan perusteet – Painaminen. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- 3 Viluksela, Pentti. Ristimäki, Seija. Spännäri, Toni. 2010. Painoviestinnän tekniikka. Helsinki: Opetushallitus.
- 4 Speedmaster XL 75. 2008. Germany: Heidelberg.
- 5 Koskinen, Pertti. 2001. Hyvä painotuote. Helsinki: Infoviestintä.
- 6 Offset Printing – Dry Offset. Verkkodokumentti. Buse Printing. <http://buseprinting.com/offset_printing.html>. Luettu 21.2.2014.
- 7 What is dry offset printing? Verkkodokumentti. Sanden North America Inc. <<http://www.dryoffset.com/dry-offset/what-is-dry-offset-printing.html>>. Luettu 21.2.2014.
- 8 Nikkilä, Jarmo. R&D Engineer, Gemalto Oy, Vantaa. Suullinen tiedonanto 21.2.2014.
- 9 Torelief CTP. Verkkodokumentti. Toray. <http://www.toray.jp/photopolymer/torelief/lief_002.html>. Luettu 21.2.2014.
- 10 Advanced digital dry offset plates. Verkkodokumentti. Carey color incorporated. <<http://careyweb.com/dry-offset/>>. Luettu 29.3.2014.
- 11 Kipphan, Helmut. 2001. Handbook of Print Media, England: Springer-Verlag.
- 12 Tepponen, Tapio. 1988. Painamisen työvaiheet arkkioffsetkoneella. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- 13 Tepponen, Tapio. 1988. Painamisen perusteet. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- 14 Tepponen, Tapio. 1988. Offsetpainokoneiden rakenteet ja apulaitteet. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- 15 Appleton, William. 1994. Screen printing – A Literature review. Pira International.

- 16 Recommendations for printing non-absorptive substrates. Verkkodokumentti. Torraspapel.
<<http://www.torraspapel.com/Conocimiento%20Tcnico/PrintingNonabsorptiveSubstrates.pdf>>. Luettu 21.2.2014.
- 17 Kurri, Veijo. et al. 1999. Muovitekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.
- 18 Jokiahho, Katja. et al. Ohjeita painovärien käyttäjille – Elintarvikepakkauset. Verkkodokumentti. KCL Science and Consulting.
<http://files.kotisivukone.com/ptr.kotisivukone.com/tiedostot/ohjeita_painajille.pdf> . Luettu 21.2.2014.
- 19 Micro-Vu. Verkkodokumentti. Rongying.
<<http://shrongying.com/En/GoodsList/982/>>. Luettu 28.4.2014.
- 20 Laakso, Kaarina. 1999. Saastuneiden maiden tutkimiseen soveltuvia kenttämitareita. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- 21 Mittaustulosten käsittely. Verkkodokumentti. TKK. <<http://tfy.tkk.fi/kurssit/Tfy-3.15x/Teoria/Tulostenkasittely.pdf>>. Luettu 21.2.2014.

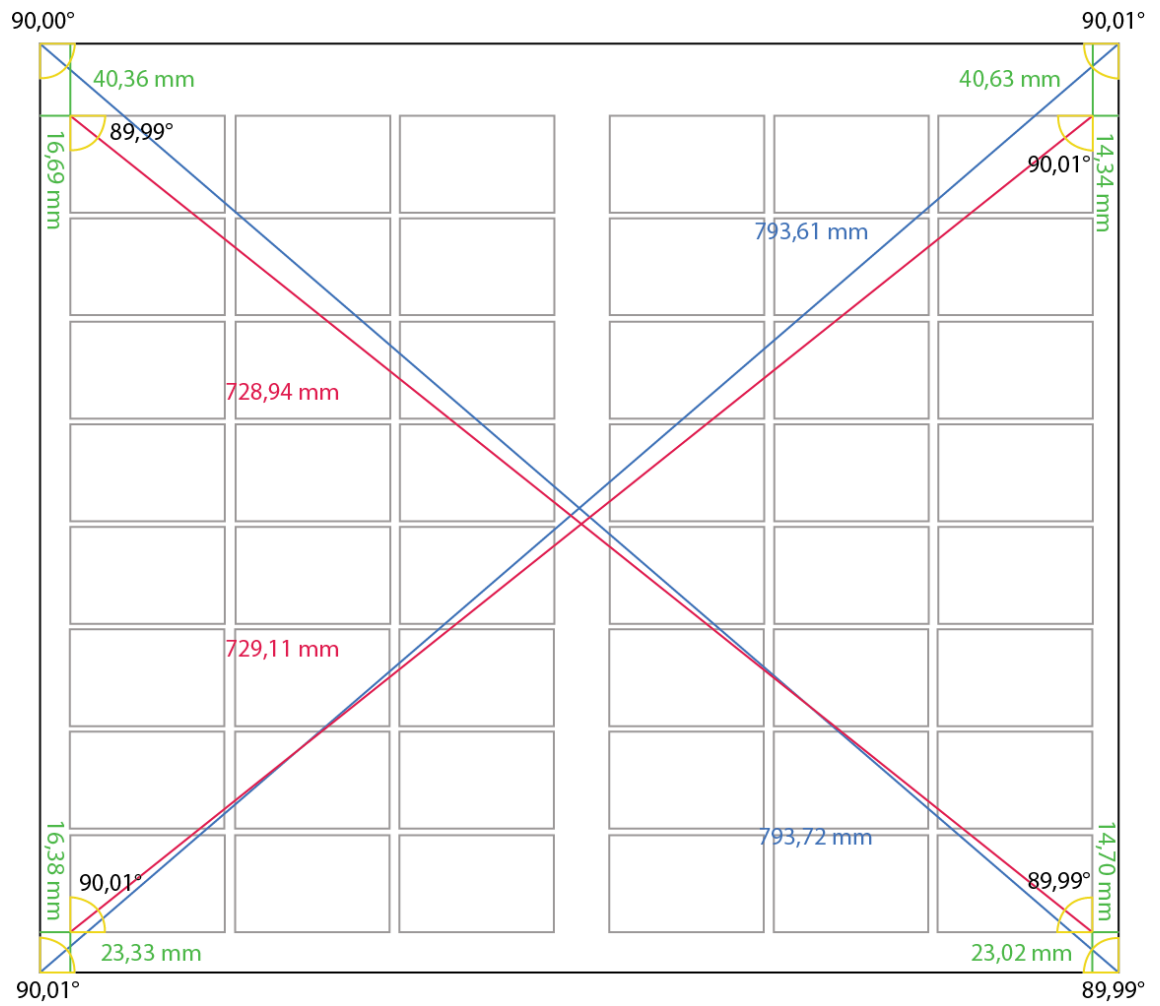
Painojälkien suoruusmittaukset

Painetuista arkista mitattu arkin ja painatuksen ristimitat ja kulmat, joiden avulla selvitetty onko arkin sivut leikattu suoraan ja onko painatus oikean muotoinen ja onko se oikealla paikalla suhteessa arkkiin.

Märkäoffsetristimitat ja kulmat

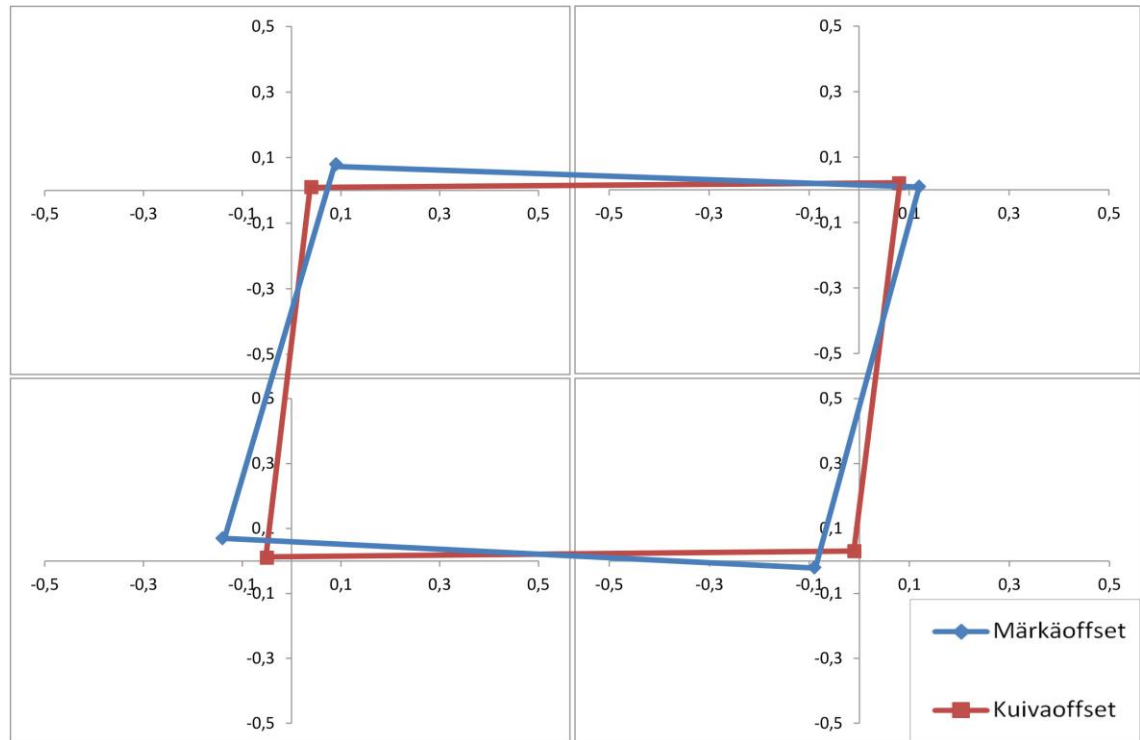


Kuivaoffsetristimitat ja kulmat

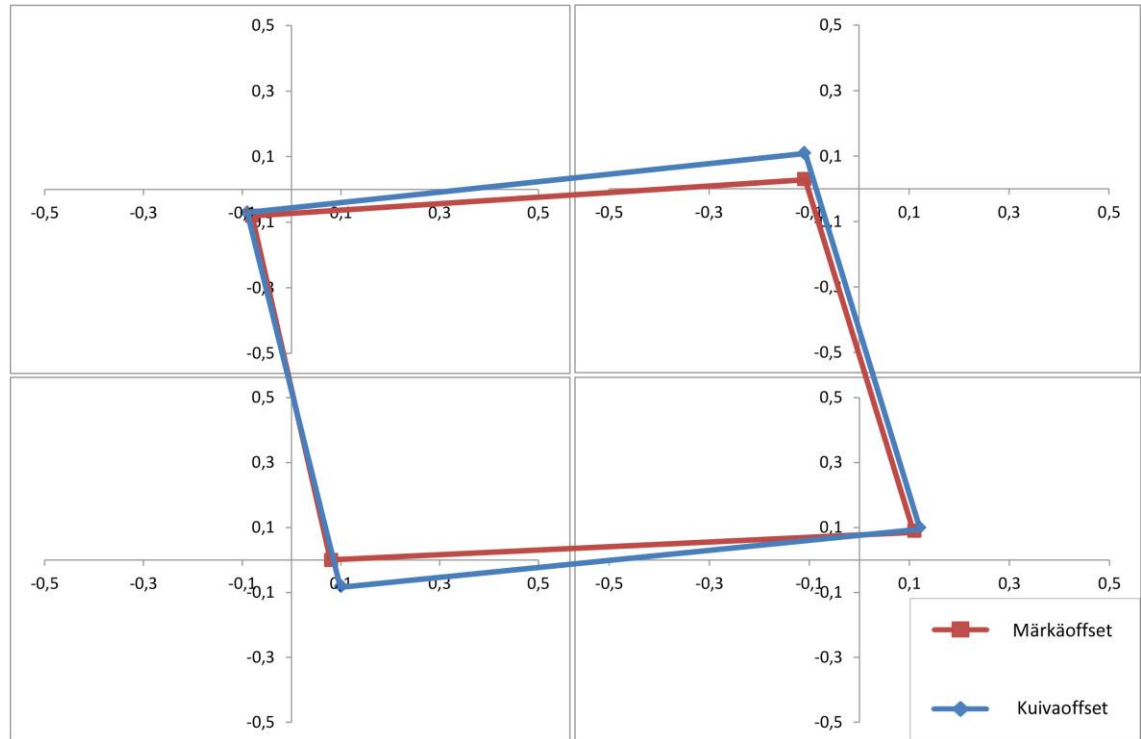


Tuotantoarkkien mittaukset

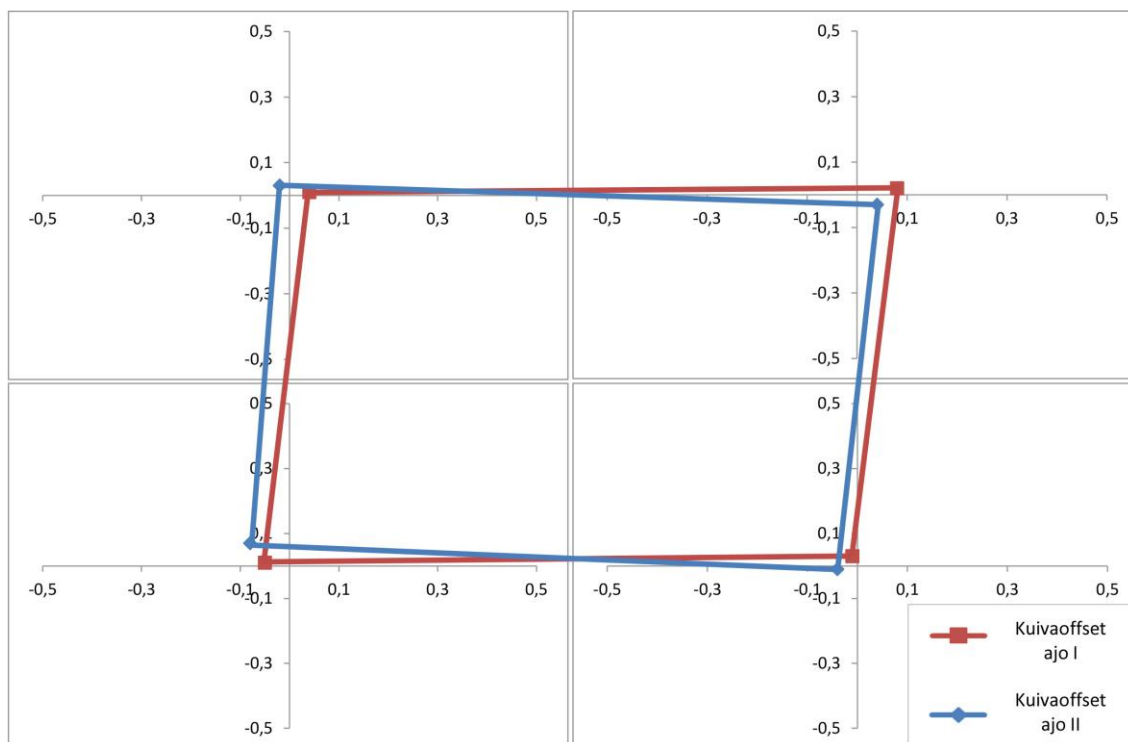
Märkä- ja kuivaoffset painettu valkoiselle arkille samassa ajossa. Sivustinkulmana käytetty arkin vasenta alakulmaa.



Märkä- ja kuivaoffset painettu samassa ajossa kirkkaalle muoville. Sivustinkulmana käytetty arkin oikeaa alakulmaa.

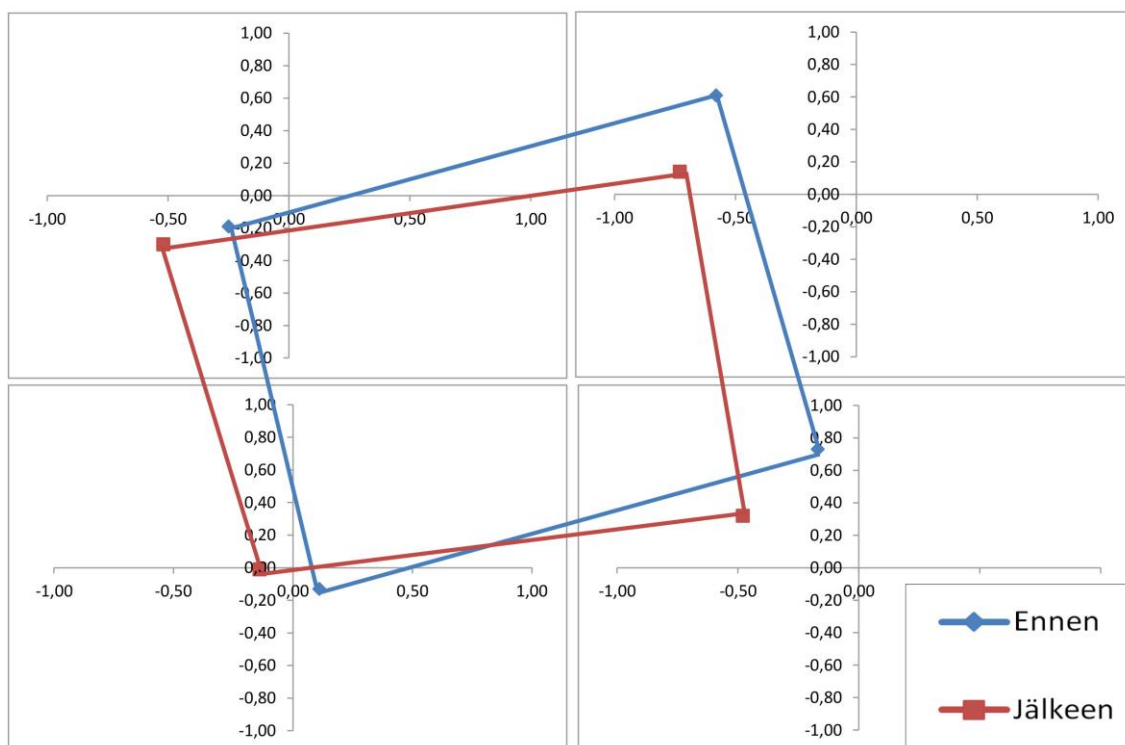


Kuivaoffset painettu eri ajoilla valkoiselle painoarkille. Sivustinkulmana käytetty arkin vasenta alakulmaa.

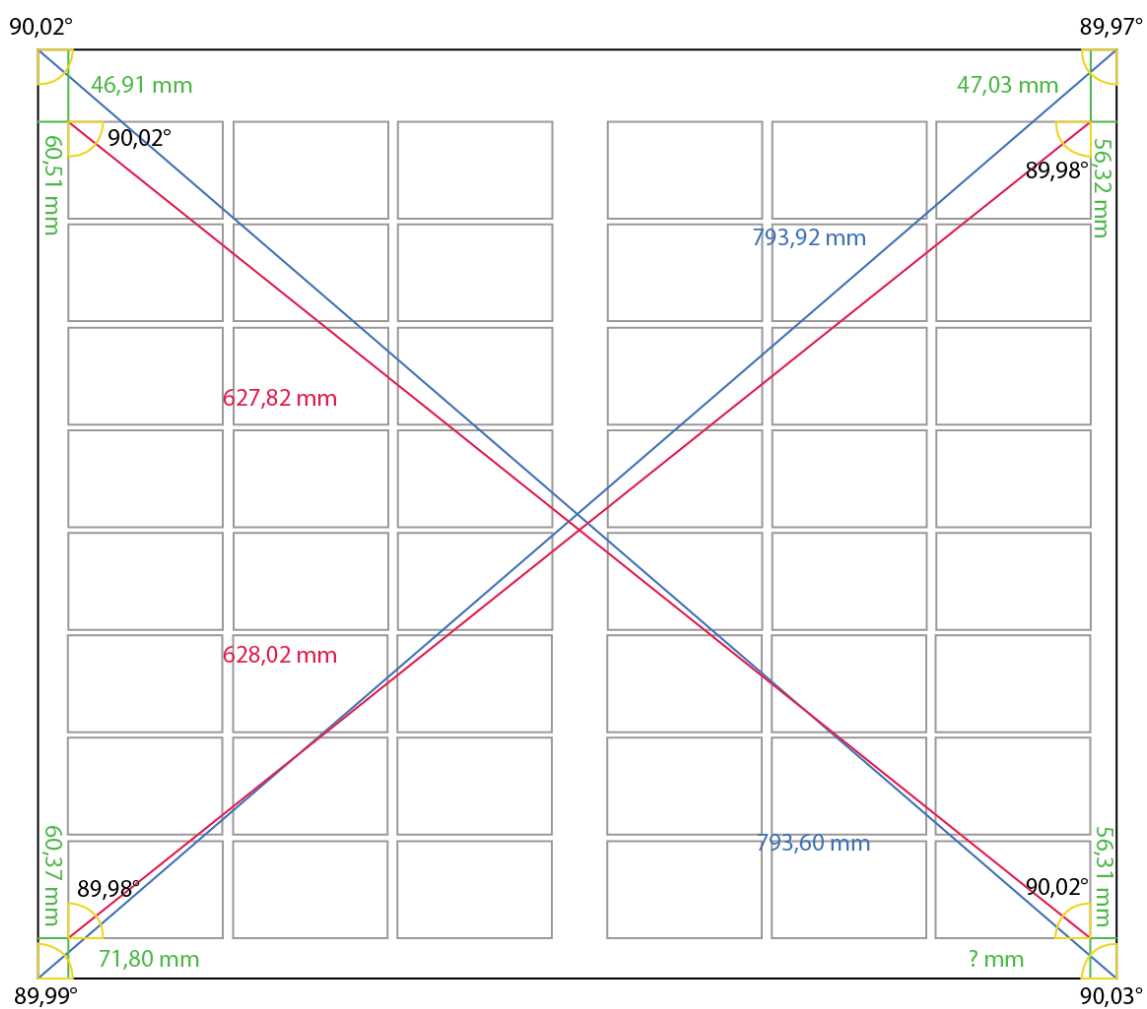


Arkkien muutosmittaukset offsetpainoprosessissa

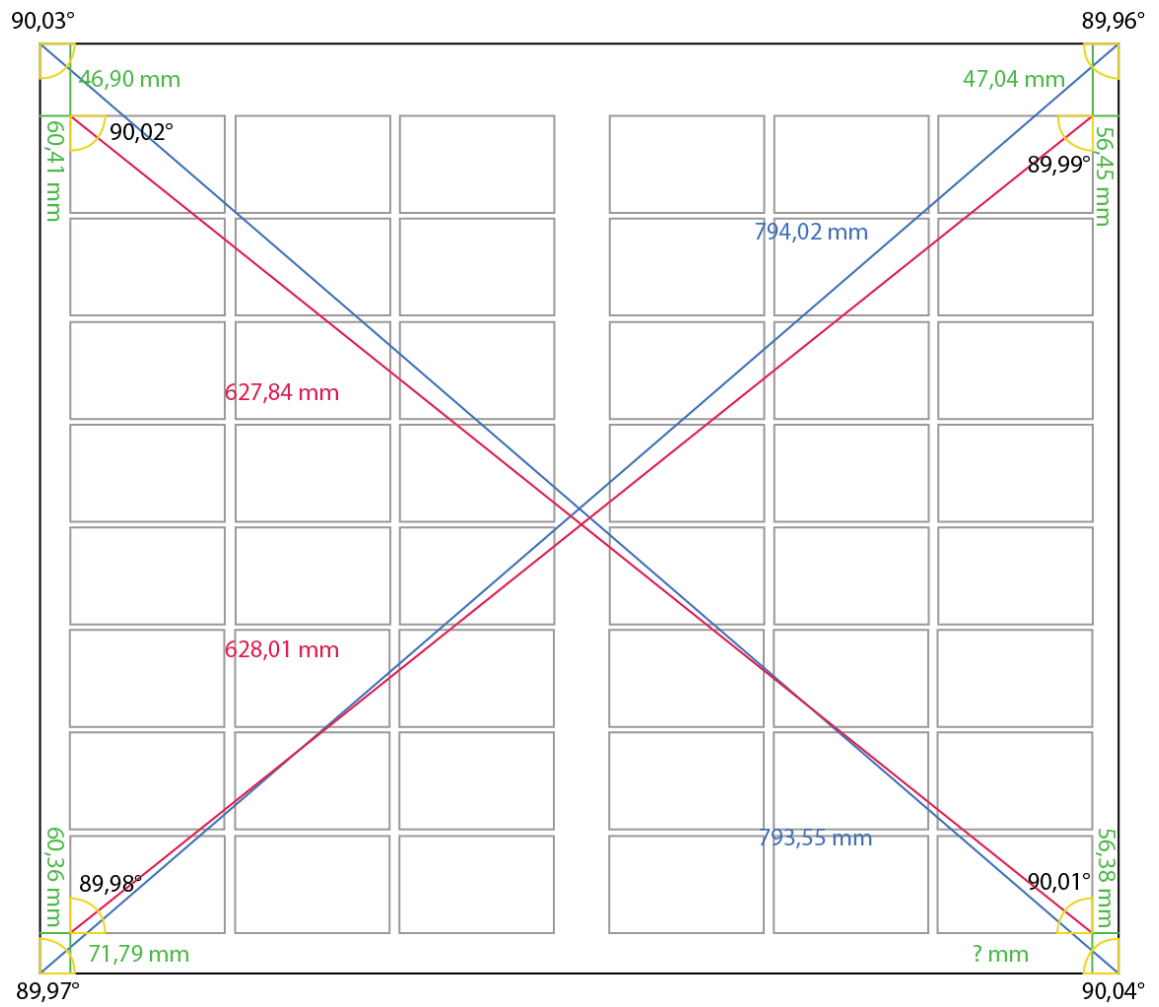
Arkin kulmissa olevien elementtien sijainti ennen offsetpainoprosessia ja sen jälkeen, suhteessa mitoitusarvoihin.



Arkki ennen silkkipainoa



Arkki silkkipainon jälkeen:



Arkin kulmien sijainti ennen silkkipainoprosessia ja sen jälkeen.

